

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Отделение химической инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Разработка компьютерной моделирующей системы процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив	

УДК 665.753.4:665.637.73:004.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Белозерцева Наталья Евгеньевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Белинская Наталия Сергеевна	кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Криницына Зоя Васильевна	кандидат технических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ОП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Самборская Марина Анатольевна	кандидат технических наук		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
P1	Осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 ОК-1, ОК-2, ОК-3), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.033 - «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P2	Осуществлять управление проектом на всех этапах его жизненного цикла	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2 ОПК-4, ОПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.033 - «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P3	Организовывать и руководить работой команды, вырабатывать командную стратегию для достижения цели	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3 ОПК-2, ОПК-3, ПК-2, ПК-14), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.033 - «Специалист по стратегическому и тактическому планированию и организации производства»
P4	Применять современные коммуникативные технологии в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах) для академического и профессионального взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4 ОПК-1, ОПК-3, ПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами», 40.011 - «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам»
P5	Проводить анализ и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-5, ОК-2, ОПК-2, ОПК-3, ПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»
P6	Определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности, разрабатывать способы ее совершенствования на основе самооценки	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6, ОК-1, ОК-3), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами»

Профиль «Инжиниринг нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств»		
P7	Формулировать, разрабатывать и реализовывать методы решения научно-исследовательских задач, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств представлять и защищать результаты	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, ОПК -3, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011- «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами» 26.014 – «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области биотехнических систем и технологий»
P8	Проводить все стадии проектирования с использованием методов математического моделирования, коммерческих симуляторов и пакетов прикладных программ, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ПК-18, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22, ПК-23), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 40.011- «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам», 40.008 - «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами» 26.014 – «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области биотехнических систем и технологий», 19.002 - «Специалист по химической переработке нефти и газа», 19.008 - «Специалист по диспетчерско-технологическому управлению нефтегазовой отрасли», 19.012 - «Специалист по оперативно-диспетчерскому управлению нефтегазовой отрасли»
P9	Разрабатывать учебно-методическую документацию, ставить новые лабораторные работы, проводить практические занятия по теме, ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, УК-5, ПК-25, ПК-26), <i>CDIO Syllabus</i> . Критерии АИОР, согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов: 01.004 - «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования»

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Самборская М.А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Белозерцевой Наталье Евгеньевне

Тема работы:

Разработка компьютерной моделирующей системы процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1651/с от 13.03.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:

25.05.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам;</i>	Объект исследования: промышленная установка каталитической депарафинизации дизельных топлив. Исходными данными являются технологическая схема установки, технологические режимы работы реактора каталитической депарафинизации, составы сырья и продукта, информация об отклонениях в работе установки, их причинах и рекомендациях по их устранению. Экспериментальные значения физико-химических и эксплуатационных свойств дизельных топлив,
---	---

экономический анализ и т. д.).	получаемых на установке. Режим работы реактора депарафинизации – непрерывный.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Обзор литературы</p> <p>1.1 Современные требования к качеству дизельных топлив зимних и арктических марок</p> <p>1.2 Процессы производства дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными характеристиками</p> <p>1.3 Компьютерные моделирующие системы в химической технологии</p> <p>1.4 Модели представления знаний</p> <p>1.5 Постановка цели и задач исследования</p> <p>2 Объект и методы исследования</p> <p>2.1 Объект исследования</p> <p>2.2 Методы исследования</p> <p>3 Расчеты и аналитика</p> <p>3.1 База данных компьютерной моделирующей системы</p> <p>3.2 База знаний компьютерной моделирующей системы</p> <p>3.3 Математическая модель процесса каталитической депарафинизации</p> <p>3.4 Пакет прикладных программ компьютерной моделирующей системы</p> <p>4 Результаты разработки</p> <p>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>5.1 Потенциальные потребители результатов исследования</p> <p>5.2 Диаграмма Исикава</p> <p>5.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации</p> <p>5.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования</p> <p>5.5 Инициализация проекта</p> <p>5.6. Планирование управления научно-техническим проектом</p> <p>5.6.1 Иерархическая структура работ проекта</p> <p>5.6.2 План проекта</p> <p>5.7 Бюджет научного исследования</p> <p>5.7.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты</p> <p>5.7.2 Основная заработная плата</p> <p>5.7.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала</p> <p>5.7.4 Отчисления на социальные нужды и накладные расходы</p> <p>5.8 Организационная структура проекта</p> <p>5.9 Матрица ответственности</p> <p>5.10 План управления коммуникациями проекта</p> <p>5.11 Реестр рисков проекта</p>

	5.12 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 5.12.1 Оценка сравнительной эффективности исследования 6 Социальная ответственность 6.1 Производственная безопасность 6.1.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте 6.1.2 Анализ опасных факторов на рабочем месте 6.2 Экологическая безопасность 6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницына Зоя Васильевна, к.т.н., доцент ОСГН
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна, ассистент ОКД
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Literature review	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	22.02.2018
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Белинская Н.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Белозерцева Н.Е.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2КМ61	Белозерцевой Наталье Евгеньевне

Школа	ИШПР	Отделение	Химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/ специальность	18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использование информации, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски.	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.	Проведение оценки экономической эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Криницына Зоя Васильевна	К.Т.Н		01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Белозерцева Наталья Евгеньевна		01.03.2018

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2KM61	Белозерцевой Наталье Евгеньевне

Школа	ИШПР	Отделение	Химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – процесс каталитической депарафинизации с получением дизельных топлив с оптимальными низкотемпературными характеристиками</p> <p>Рабочая зона – компьютерный класс</p> <p>Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства 	<p>1.1. Выявление вредных факторов в компьютерном классе при разработке научного исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - освещение; - производственный шум и вибрация; - монотонность труда; -напряженность внимания и анализаторных функций; - микроклиматические условия; <p>1.2. Выявление опасных факторов при разработке и эксплуатации научного исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электробезопасность (токоведущие части электрооборудования, короткое замыкание статическое электричество);
---	--

защиты); – пожаро- и взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<i>При разработке и эксплуатации компьютерной моделирующей системы на рабочем месте встречаются такие загрязнители как:</i> - Люминесцентные лампы; - Макулатура (пометки и записи при работе); - Комплектующие персонального компьютера (процессор, экран, клавиатура, мышь)
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	- Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации научного исследования: пожар, взрыв, разрушения зданий в результате разрядов электричества - Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий: использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла; организационная эвакуация работников.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	- К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, относится Трудовой кодекс Российской Федерации. - Для обеспечения безопасности на рабочем месте необходимо руководствоваться санитарными нормами и правилами. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2КМ61	Белозерцева Наталья Евгеньевна		01.03.2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 121 страницу, 11 рисунков, 24 таблицы, 46 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕПАРАФИНИЗАЦИЯ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛИРУЮЩАЯ СИСТЕМА.

Объектом исследования является промышленный процесс каталитической депарафинизации ДТ.

Цель работы – разработка КМС процесса каталитической депарафинизации.

Метод исследования – метод математического моделирования.

В результате работы разработана КМС и проработаны возможные сценарии, которые могут произойти на установке, то есть при изменении технологических параметров (температуры, давления в реакторе, расхода сырья на входе в реактор). Также разработаны рекомендации по изменению технологического режима при возникновении нештатной ситуации с учетом состава сырья и активности катализатора.

Результатом применения разработанной КМС будет бесперебойная работа установки и полное соответствие конечных характеристик продукта процесса, так как в КМС предусмотрено сигнализирование в случае несоответствия основного параметра ДТ – ПТФ.

Область применения: нефтеперерабатывающие предприятия, где реализован процесс каталитической депарафинизации ДТ.

Экономическая значимость работы заключается в возможности применения КМС для оптимизации процесса без вмешательства в работу установки, что позволяет получать максимальный выход продукта с требуемыми характеристиками качества с минимальными затратами.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 52368 – 2005 (EN 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия.
2. ГОСТ Р 55475 – 2013 Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия.
3. ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия»
4. ГОСТ Р 12.1.009-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Термины и определения»
5. ГОСТ ИЕС 61140-2012 «Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования» (с Поправкой)
6. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
7. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)
8. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

температура помутнения: Максимальная температура, при которой в топливе появляется фазовая неоднородность.

температура застывания: Температура, при которой топливо полностью теряет подвижность (ниже температуры помутнения на 5–10 °С).

предельная температура фильтруемости: Наиболее высокая температура, при которой данный объем топлива не проходит через стандартный фильтр в установленное время при стандартизованных условиях охлаждения.

цетановое число: Характеристика воспламеняемости дизельного топлива, определяющая промежуток времени от впрыска топлива в цилиндр до начала его горения.

Сокращения

В данной работе применены следующие сокращения:

ДТ – дизельное топливо

ПТФ – предельная температура фильтруемости

ВСГ – водородсодержащий газ

ЦЧ – цетановое число

ПАВ – поверхностно-активные вещества

АТ – атмосферно трубчатая установка

АВТ – комбинированная атмосферно-вакуумная установка

УМП – универсальная моделирующая программа

Оглавление

Введение.....	15
1 Обзор литературы.....	17
1.1 Современные требования к качеству дизельных топлив зимних и арктических марок.....	17
1.2 Процессы производства дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными характеристиками.....	19
1.3 Компьютерные моделирующие системы в химической технологии.....	24
1.4 Модели представления знаний.....	29
1.5 Постановка цели и задач исследования.....	32
2 Объект и методы исследования.....	34
2.1 Объект исследования.....	34
2.2 Методы исследования.....	39
3 Расчеты и аналитика.....	42
3.1 База данных компьютерной моделирующей системы.....	43
3.2 База знаний компьютерной моделирующей системы.....	47
3.3 Математическая модель процесса каталитической депарафинизации.....	47
3.4 Пакет прикладных программ компьютерной моделирующей системы....	48
4 Результаты разработки.....	54
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	56
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	56
5.2 Диаграмма Исикава.....	57
5.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	58
5.4 Методы коммерциализации результатов научно–технического исследования.....	59
5.5 Инициализация проекта.....	60
5.6 Планирование управления научно-техническим проектом.....	62
5.6.1 Иерархическая структура работ проекта.....	62
5.6.2 План проекта.....	63

5.7 Бюджет научного исследования.....	65
5.7.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты.....	65
5.7.2 Основная заработная плата.....	66
5.7.3 Дополнительная заработная плата научно–производственного персонала.....	68
5.7.4 Отчисления на социальные нужды и накладные расходы.....	69
5.8 Организационная структура проекта.....	69
5.9 Матрица ответственности.....	70
5.10 План управления коммуникациями проекта.....	71
5.11 Реестр рисков проекта.....	72
5.12 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	73
5.12.1 Оценка сравнительной эффективности исследования	73
6 Социальная ответственность.....	76
6.1 Производственная безопасность.....	76
6.1.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте.....	76
6.1.2 Анализ опасных факторов на рабочем месте.....	81
6.2 Экологическая безопасность.....	83
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	89
Заключение.....	91
Список публикаций студента.....	92
Список литературы.....	94
Приложение А.....	100
Приложение Б.....	117

Введение

Общеизвестно, что ДТ является смесью углеводородов, полученной из керосино-газойлевых фракций путем дистилляции нефти, а также в процессах каталитической переработки. ДТ чаще всего применяют, как жидкое топливо для двигателей внутреннего сгорания.

На протяжении последних лет в России наблюдается подъем производства ДТ. В 2017 году в России было произведено 76 847 тыс. тонн ДТ (в целом), что на 0,9 % выше объема производства предыдущего года.

Низкотемпературные свойства – это один из основных параметров, определяющий марку топлива. Эти свойства характеризуются тремя температурами: применения, помутнения и застывания. Вторая и третья температуры нормированы ГОСТ, а первая на 5 °С выше температуры помутнения, которая определяется содержанием парафинов нормального строения выпадающих в виде отдельных кристаллов («мути») и свидетельствующих о ПТФ [1].

Одним из наиболее современных процессов производства ДТ является процесс каталитической депарафинизации. Исследования в области процесса каталитической депарафинизации ведутся следующими отечественными научными и производственными коллективами: ОАО «ВНИИ НП» (Л.А. Гуляева, В.А. Хавкин, и др.); ОАО «ВНИПИнефть» (И.Е. Кузора, В.М. Капустин и др.); СибГТУ, (О.А. Дружинин и др.); УГНТУ (Салихов А.И., и др.); ООО «РН-ЦИР» (В.В. Фадеев, Д.Н. Герасимов и др.); ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза» (Р.Р. Алиев, Т.П. Киселёва и др.).

Но, несмотря на рост знаний относительно данного процесса, его оптимизация с учетом состава сырья, активности катализатора и возможных отклонений (нештатных ситуаций) в работе установки на данный момент не осуществлена. Актуальность моделирования процесса каталитической депарафинизации обусловлена тем, что будет достигнута основная

цель – получение ДТ, соответствующего международным стандартам, с минимальными экономическими и производственными затратами.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка КМС процесса каталитической депарафинизации. Данная КМС может быть использована как тренажер для персонала, работающего на установке, но также может контролировать параметры процесса и предлагать варианты оптимизации рабочих параметров при несоответствии конечных характеристик продукта.

Объект исследования – промышленная установка каталитической депарафинизации ДТ.

Предмет исследования – закономерности влияния состава сырья, активности катализатора, технологических параметров работы установки каталитической депарафинизации с учетом отклонений в ее работе.

Личный вклад заключается в разработке КМС и проработке возможных сценариев, которые могут произойти на установке, то есть при изменении технологических параметров (температуры, давления в реакторе, расхода сырья на входе в реактор), а также в разработке рекомендаций по изменению технологического режима при возникновении нештатной ситуации с учетом состава сырья и активности катализатора.

Результатом применения разработанной КМС будет бесперебойная работа установки и полное соответствие конечных характеристик продукта процесса, так как в КМС предусмотрено сигнализирование в случае несоответствия основного параметра ДТ – ПТФ.

Разработанная КМС может применяться на нефтеперерабатывающих заводах, в состав которых входит установка каталитической депарафинизации.

1 Обзор литературы

1.1 Современные требования к качеству дизельных топлив зимних и арктических марок

ДТ является одним из важнейших крупнотоннажных продуктов нефтепереработки, который обеспечивает функционирование транспортного парка различных отраслей народного хозяйства и масштабно используется отдельными потребителями. На текущем этапе развития мировой экономики наблюдается стабильная положительная динамика спроса на ДТ, что способствует постоянному ужесточению требований к его качеству.

Марка и условия эксплуатации ДТ определяются исходя из основных показателей качества топлива.

Наиболее часто ДТ делят в зависимости от климата их применимости, то есть применение в умеренном, холодном или арктическом климате. Данное деление является основополагающим, так как фракционный и химический состав топлива определяют его низкотемпературные характеристики. Производство ДТ с улучшенными низкотемпературными характеристиками, на данный момент, в России затруднено, так как данное производство требует больших вложений и жестких условий проведения.

Основные документы, регулирующие экологические и эксплуатационные характеристики ДТ это: Технические условия, а также Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» [2].

Данный регламент устанавливает обозначение марки ДТ, климатические условия его применения, экологический класс топлива и какими характеристиками в зависимости от данных параметров должно обладать производимое и реализуемое топливо. Например, с увеличением класса экологичности ДТ от К2 до К5 содержание серы в нем уменьшается от 500 до

10 мг/кг. Также данный регламент устанавливает сроки перехода на выпуск топлива более высокого экологического класса.

Также, существует ряд стандартов, которые устанавливают характеристики ДТ и технические условия его эксплуатации.

Так, ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с Изменением №1)» регламентирует выпуск топлива для умеренного климата для различных сортов (от А до F) ДТ по ПТФ (от плюс 5 °С для сорта А до минус 20 °С для сорта F). Также данный стандарт регламентирует требования к топливу для холодного и арктического видов климата в зависимости от класса топлива. Основные значимые параметры, по которым топливо разделяют на классы, это: ПТФ, которая варьируется в диапазоне от минус 20 °С (для класса 0) до минус 44 °С (для класса 4); температура помутнения топлива, которая находится в диапазоне от минус 10 °С (для класса 0) до минус 34 °С (для класса 4); также регламентируется значение ЦЧ (не менее 49 пунктов для 0 и 1 классов, не менее 48 пунктов для 2 класса и не менее 47 пунктов для 3 и 4 классов) [3].

ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия» распространяется на депарафинированное зимнее и арктическое ДТ для быстроходных дизельных двигателей наземной техники. Данный стандарт регламентирует по физико-химическим и эксплуатационным показателям ДТ в зависимости от климатических условий применения (то есть зимнее или арктическое) и ПТФ (от минус 32 °С до минус 52 °С). ЦЧ для зимнего ДТ с ПТФ не выше минус 32 °С должно быть не менее 48 пунктов, в то время как зимнее ДТ с ПТФ не выше минус 38 °С и все марки арктического ДТ должны иметь ЦЧ не менее 47 пунктов. Также к основным регламентируемым показателям можно отнести температуру вспышки, температуру помутнения (от минус 42 °С до минус 22 °С) и кинематическую вязкость (зимнее ДТ обладает большей вязкостью (1,5 – 4,5 мм²/с) в отличие от арктического, вязкость которого должна находиться в диапазоне 1,2 – 4,0 мм²/с) [4].

ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» распространяется на ДТ ЕВРО, предназначенное для дизельных двигателей. По данному стандарту ДТ ЕВРО может выпускаться только трех экологических классов: класс К3 – содержание серы не более 350 мг/кг; класс К4 – содержание серы не более 50 мг/кг; класс К5 – содержание серы не более 10 мг/кг. В соответствии с физико-химическими свойствами, эксплуатационными характеристиками и условиями применения топлива подразделяют на:

- летнее (сортов А, В, С и D в зависимости от ПТФ – не выше плюс 5 °С, 0 °С, минус 5 °С, минус 10 °С соответственно);
- межсезонное (сортов Е и F в зависимости от ПТФ – не выше минус 15 °С, минус 20 °С соответственно);
- зимнее (классов 0, 1, 2 и 3 в зависимости от ПТФ – не выше минус 20 °С, минус 26 °С, минус 32 °С и минус 38 °С соответственно, в зависимости от значения ЦЧ и других параметров);
- арктическое (класса 4 с ПТФ не выше минус 44 °С, температурой помутнения не выше минус 34 °С и ЦЧ не менее 47 пунктов) [5].

Зачастую при производстве ДТ не всегда сразу удается соблюсти все известные требования, поэтому для производства ДТ с улучшенными низкотемпературными характеристиками применяют определенные процессы производства компонентов ДТ, которые будут рассмотрены ниже.

1.2 Процессы производства дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными характеристиками

Актуальность разработок в области новых технологий производства низкозастывающих ДТ обусловлена ростом потребления зимнего и арктического видов данного топлива не только в России, но и за рубежом.

В российской практике часто применяются технологии производства компонентов низкозастывающих ДТ, основанные на сокращении интервала

кипения среднестиллятных фракций, добавлении в ДТ керосиновой фракции, а также применении депрессорно-диспергирующих присадок [6]. Однако на современном этапе развития нефтеперерабатывающей промышленности данные методы являются необоснованными как с технологической, так и с экономической точки зрения. При использовании методов снижения температуры конца кипения дизельной фракции и добавления керосина в дизельную фракцию наряду с улучшением низкотемпературных свойств происходит ухудшение его качества по таким показателям как ЦЧ, вязкость, температура вспышки, что при производстве приводит к затруднениям в подборе состава ДТ, соответствующего требованиям стандартов, а при эксплуатации приводит к повышению степени износа деталей двигателя внутреннего сгорания [7].

Производство ДТ зимних и арктических марок путем введения депрессорно-диспергирующих присадок не ухудшает качество получаемого топлива, но ряд недостатков данного способа, таких как высокая цена присадок (как следствие, повышение себестоимости производства конечного продукта), необходимость подбора присадки и ее количества для определенного состава топлива, ограничивает его применение как на стадии производства, так и на стадии потребления готового продукта (ДТ).

Основными процессами, улучшающими низкотемпературные характеристики ДТ, являются депарафинизация и гидрокрекинг.

Селективный гидрокрекинг предназначен для улучшения эксплуатационных и низкотемпературных свойств топлива. В процессе гидрокрекинга осуществляется снижение температуры застывания топлива путем селективного расщепления парафинов нормального строения, содержащихся в переработанном сырье.

За счет применения специальных катализаторов состоящих из модифицированных высококремнеземных цеолитов достигается высокая селективность процесса. Это обусловлено тем, что данный тип катализаторов обладает особыми молекулярно-ситовыми свойствами.

Катализаторы селективного гидрокрекинга имеют особую пористую структуру и трубчатую форму, размеры входных отверстий которой находятся в диапазоне 0,5 – 0,55 нм. Такие маленькие размеры входных отверстий делают доступными для проникновения и реагирования там только молекулам парафинов нормального строения.

Далее продукты крекинга гидрируются за счет введения в цеолит гидрирующих компонентов (чаще всего это металлы VIII и VI групп). Оформление и технологические режимы установки селективного гидрокрекинга схожи с установками процесса гидроочистки.

При применении бифункциональных катализаторов селективного гидрокрекинга можно получать арктические или зимние сорта ДТ с выходом до 85 % [8].

Процессы депарафинизации различаются по применяемым катализаторам, назначению, аппаратному оформлению и технологическим параметрам [9].

Один из процессов – процесс цеолитной депарафинизации «Парекс». Назначение процесса – получение из керосиновых и дизельных фракций особо чистых парафинов нормального строения и низкозастывающих денормализатов, которые являются компонентами зимних и арктических сортов дизельных и реактивных топлив.

Получаемые в данном процессе особо чистые парафины применяются как сырье при производстве белково-витаминных концентратов, моющих средств, ПАВ и других продуктов нефтехимического синтеза.

Сырье процесса «Парекс» – гидроочищенный прямогонный керосиновый дистиллят широкого или узкого фракционного состава (в зависимости от требований, предъявляемых к продуктам). Основным используемый адсорбент – цеолит с молекулярно-ситовыми свойствами, который позволяет избирательно адсорбировать парафины нормального строения из смесей, которые включают углеводороды нормального, изо- и циклического строения.

Особенность данного процесса заключается в том, что адсорбцию проводят в среде циркулирующего ВСГ (газ-носитель сырья). Применение циркуляционного ВСГ препятствует стремительному падению адсорбционной емкости цеолита и способствует продлению срока пробега установки.

Десорбция осуществляется нагретыми парами аммиака, который вытесняет адсорбированные парафины нормального строения. Как адсорбция, так и десорбция в данном процессе являются парофазными стадиями, проводятся при давлении 0,5 – 1,0 МПа и температуре 380 °С. Степень извлечения парафинов нормального строения в процессе составляет до 95 % мас. от потенциала.

Другой вид депарафинизации – карбамидная. Данный вид депарафинизации применяется при производстве маловязких масел, жидких парафинов и низкозастывающих топлив.

Суть процесса заключается в способности карбамида к комплексообразованию с парафинами нормального строения (при этом число атомов углерода в парафине должно быть не менее шести).

Образование кристаллических комплексов с парафинами по условиям равновесия целесообразнее проводить при высокой концентрации карбамида и относительно низкой температуре, находящейся в диапазоне 20 – 45 °С.

Достаточно низкая температура и высокая селективность являются неоспоримыми преимуществами карбамидной депарафинизации. Выход денормализата в данном процессе лежит в диапазоне 75 – 90 % мас.

Применение карбамидной депарафинизации зачастую допустимо только для получения маловязких масел и низкозастывающих ДТ, так как при повышении температуры кипения сырья снижается селективность карбамида.

Интенсификация процесса достигается за счет постоянного перемешивания компонентов реагирующей смеси для достижения более тесного контакта между ними. Реализация процесса может меняться в зависимости от агрегатного состояния карбамида, природы растворителя и активатора, оформления реакторного блока и способа отделения и разложения

комплекса.

В процессе карбамидной депарафинизации выход денормализата (то есть ДТ с улучшенными характеристиками, полученными путем снижения количества парафинов нормального строения в его составе) достигает примерно 85 %, а температура застывания денормализата может достигать минус 45 °С.

Еще одним видом депарафинизации является микробиологическая депарафинизация [9].

Данный вид депарафинизации основан на способности некоторых видов микробов избирательно окислять парафины нормального строения. В данном процессе парафины нормального строения используются микробами, как источник энергии, необходимой для их жизнедеятельности.

Накопленная в результате окисления биомасса, является побочным продуктом. Полученный побочный продукт в дальнейшем выделяется в чистом виде и используется как основа для получения кормового белка. Оставшуюся массу – депарафинизат, имеющий хорошие низкотемпературные характеристики, используют как компонент зимнего ДТ.

Данный вид депарафинизации проводится при температуре 28 – 30 °С в водной среде с добавками питательных солей. В депарафинизаторе, в котором проводится процесс, соблюдаются жесткие условия культивирования для непрерывного окисления поступающего сырья.

Полученный депарафинизат выделяется с помощью 10 %-ого раствора (2 % кальцинированной соды и 8 % аммиака). Однако отделение продукта затруднено, так как в ходе процесса образуется стойкая эмульсионная смесь из продукта, микробной массы и воды, поэтому после добавления специального раствора полученную смесь направляют еще и на отстаивание.

Но данный вид депарафинизации редко применяется, так как имеет ряд очевидных недостатков, таких как, сложное аппаратное оформление, малотоннажность и множество трудностей связанных с поддержанием условий культивирования (рН, температура, аэрирование и другие).

На сегодняшний день наиболее часто применяемой депарафинизацией является гидрокаталитическая. Данный процесс предназначен для снижения температуры застывания нефтепродуктов, прежде всего ДТ и смазочных масел [9].

В процессе депарафинизации снижение концентрации парафинов нормального строения происходит за счет их крекирования. В результате крекинга парафинов нормального строения происходит небольшое снижение выхода целевого продукта и его обогащение ароматическими и нафтеновыми углеводородами. За счет роста содержания нафтенов и ароматических углеводородов снижается ЦЧ продукта (по сравнению с показателем для сырья). Выход целевого продукта процесса депарафинизации составляет около 88 – 90 % мас. [9].

Данный процесс проводят на бифункциональных катализаторах, в состав которых входят гидрирующие металлы и цеолиты или цеолитоподобные структуры (в качестве кислотного компонента).

1.3 Компьютерные моделирующие системы в химической технологии

КМС позволяют выполнять расчеты и оптимизацию режимов и основных показателей качества сырья и продукции.

На данный момент существует достаточный выбор систем технологического моделирования, поэтому перед использованием одной из них следует рассмотреть основные преимущества каждой.

Признанными системами технологического моделирования, уже достаточно давно существующими на рынке, считаются PRO-2 (разработка американской фирмы SIMSCI), HYSYS (разработка канадской фирмы HYPROTECH), а также менее известный пакет программ UniSim Suite (фирмы Honeywell) [10].

Из российских разработок и разработок стран СНГ можно отметить

GIBBS (разработка специалистов, объединенных в ООО «Топэнергобизнес», г. Москва) [11] и ГазКондНефть (разработка специалистов Киевского института Газа) [12].

Существуют также и другие системы моделирования. Но они являются менее универсальными, но в то же время более простыми по применению. К одной из таких систем относится система моделирования поточных схем MODBAL, разработанная специалистами ТюменНИИГипрогаза и Тюменского филиала фирмы «Информгаз» ОАО «Газпром». Из последних разработок заслуживает внимание система CHEMCAD.

- Система моделирования «PRO-2».

Достоинства: считается наиболее мощной и развитой в мире. В нее включены все виды оборудования и методики расчетов; существует возможность добавления (прописывания) собственных алгоритмов с помощью встроенного языка FORTRAN.

Недостатки: из универсальности возникает сложность в эксплуатации.

- Система моделирования «HYSYS».

Достоинства: удобный интерфейс; реализация на языке Си++. Модульность. Возможность приобретения необходимых подсистем и свободного их подключения к общему пакету, включая системы моделирования нестационарных процессов (например, пуска и остановки) и схем регулирования, управления и оптимизации процессов

Недостатки: сложность в эксплуатации, уступает PRO-2 по уровню возможностей.

- Система моделирования «GIBBS».

Достоинства: удобный интерфейс. Уступает HYSYS по уровню возможностей.

Недостатки: не предоставляет выбора методики расчета и варьирования параметрами необходимыми для расчетов (в том числе и невозможность решения задач регулирования и оптимизации).

- Система моделирования «ГазКондНефть».

Достоинства: удобный графический интерфейс; есть возможность передачи сформированных схем в AutoCad и приложения Windows.

Недостатки: невозможность создания сложных иерархических многоуровневых схем; несовершенная методика расчета колонн.

- Система моделирования «MODBAL».

Достоинства: возможно проведение расчета баланса больших комплексных поточных схем, например, заводов или комплексных схем переработки конденсата и нефти; возможен расчет и просмотр основных показателей качества промежуточных и целевых продуктов.

Недостатки: не производит расчетов оборудования.

- Система моделирования «UniSim».

Достоинства: пакет программ UniSim Suite фирмы Honeywell позволяет моделировать процессы добычи и промысловой подготовки нефти и газа, а также процессы нефтепереработки и нефтехимии. Данный пакет позволяет создавать статические и динамические модели технологических объектов и анализировать их работу в заданных производственных условиях.

Все перечисленные КМС чаще всего имеют ряд недостатков (статистические модели расчета, упрощенная кинетическая схема превращений, отсутствие базы данных по катализаторам и так далее), но над устранением этих недостатков на данный момент продолжают работать. [13].

Существует ряд примеров применения некоторых из перечисленных программных продуктов.

Так, например, авторы [14] использовали программный продукт Aspen PIMS (разработка канадской фирмы HYPROTECH) для исследования процесса приобретения и подбора катализаторов для установки гидрокрекинга. Разработанная авторами [14] КМС позволяет планировать производственную программу с высокой точностью в зависимости от рынка сбыта и маржинальности товарной продукции. Также данная КМС анализирует предложения по поставке катализаторов и предлагает наиболее выгодные решения.

Авторами [15] было осуществлено проектирование установок АТ и АВТ с использованием УМП CHEMCAD. Данная КМС значительно упростила расчет таких многотоннажных установок как АТ и АВТ, но при ее использовании нужно иметь точные исходные данные и правильно анализировать полученные характеристики, так как из-за сложности установок были введены некоторые коэффициенты запаса.

Также программа CHEMCAD была использована авторами [16] для моделирования реакторных процессов. Предложенная авторами [16] методика расчета применима при моделировании многостадийных химико-технологических процессов с большим числом единиц основного и вспомогательного оборудования. Разработанная КМС была подтверждена при расчете четырех промышленных реакторных узлов в многостадийных производствах метанола и синтетического жидкого топлива из природного газа.

Авторы статьи [17] описывают, какие цели преследуются при автоматизации деятельности предприятия, на которую направлена разработка КМС:

- Сбор, обработка, хранение и представление данных о деятельности предприятия и внешней среде в виде, удобном для анализа, хранения и использования при принятии управленческих решений;
- Автоматизация выполнения технологических операций, составляющих целевую деятельность предприятия;
- Автоматизация процессов, обеспечивающих выполнение основной деятельности предприятия.

Для выполнения поставленных целей авторы [17] разработали ряд задач для оценки эффективности информационной системы:

- Планирование производственной деятельности. Составление производственных планов (от стратегических до оперативных) и проверка возможности их исполнения с учетом производственных мощностей и людских ресурсов.

- Управление закупками, запасами и продажами. Автоматизация процессов планирования и учета задач материально-технического обеспечения производства, сбыта готовой продукции и управления складскими запасами.
- Управление финансами. Ведение бухгалтерии, расчеты с дебиторами и кредиторами, учет основных средств, планирование и выполнение платежей на закупку материально-технических ресурсов, управление наличными средствами и планирование финансовой деятельности.
- Управление персоналом. Реализация всех основных потребностей работы с кадрами: найм и увольнение персонала, учет сведений о сотрудниках, планирование их карьерного роста, определение, развитие и поддержка знаний и компетентности персонала, расчет заработной платы и учет рабочего времени. Рассмотрение персонала как отдельного вида ресурса позволяет связать воедино кадровый потенциал предприятия и производственные планы.
- Управление затратами. Учет всех затрат предприятия, калькуляция себестоимости продукции или услуг.
- Управление проектами / программами. Реализация производственных проектов и программ, для которых может осуществляться отдельное планирование и учет.
- Проектирование продукции и технологических процессов. Информация о составе продукции, технологических процессах ее изготовления, оценка затрат, которые понесет предприятие при выпуске той или иной продукции.

По мнению авторов [17] выполнение всех выше перечисленных задач поможет реализовать бесперебойную полностью автоматизированную работу большого предприятия, но некоторые задачи на данный момент не выполнимы.

Осуществить полный контроль процессов нефтепереработки очень сложно из-за многофакторности данной задачи. Постоянно меняющееся сырье, активность катализатора и параметры процесса осложняют эту задачу. Также важную роль играет недостаточность знаний и навыков у персонала, но решение этой проблемы возможно осуществить путем краткосрочного курса

повышения квалификации для обучения персонала навыкам работы с той или иной моделирующей системой.

В статье [18] автором была выделена важность разработки компьютерных тренажеров для химических производств. Автор также отметил, что интеллектуальные компьютерные тренажерно-обучающие комплексы являются наиболее эффективным средством подготовки и повышения квалификации проектировщиков и операторов современных многостадийных многоассортиментных химических производств. Функциональная структура разработанная автором [18] легла в основу программного обеспечения для дистанционного изучения гибкого многоассортиментного производства полимерных пленок.

Авторы [19-21] перевели обучение и повышение квалификации персонала на новый уровень. Созданные ими тренажеры установок каталитического крекинга имеют узкую направленность, то есть осуществляют обучение только по одной установке, но в данном случае это не является минусом. Персонал с помощью тренажеров сможет досконально изучить работу установки и рассмотреть аварийные ситуации, которые могут возникнуть при неисправной работе.

При разработке КМС процесса каталитической депарафинизации данные идеи были взяты за основу, то есть созданная программа не только может быть использована как тренажер для персонала, работающего на установке, но также может контролировать параметры процесса и предлагать варианты оптимизации рабочих параметров при несоответствии конечных характеристик продукта.

1.4 Модели представления знаний

База знаний является одной из важнейших составляющих КМС, она необходима для оперативного проведения диагностики и выбора оптимальных режимных параметров технологической установки.

Для возможности обработки знаний экспертов и данных о предметной области моделирующей системой, они должны быть представлены в удобном формализованном виде.

В интеллектуальных системах знания о предметной области обычно представлены в виде модели, которая хранится в базе знаний системы отдельно от процедур ее обработки. Обычно в базе знаний зафиксированы общие закономерности, правила, описывающие проблемную среду и предметную область. Процедуры вывода решений позволяют на основании общих правил вывести решение для частного случая, то есть для некоторой конкретной ситуации при некоторых исходных данных.

Различают следующие типы моделей представления знаний:

- логическая модель;
- модель, основанная на использовании фреймов;
- модель семантической сети;
- модель, основанная на использовании правил (продукционная).

Логическая модель основана на логике предикатов. Исчисление предикатов было первым логическим языком, который применялся для формального описания предметных областей, связанных с решением прикладных задач.

Предикат рассматривается как функция, заданная на объектах, и принимающая значение «истина» или «ложь». Недостаток логического формализма – его не структурированность. Например, для сбора всей информации по одному объекту (конкретизации), приходится пробегать все множество логических формул.

Фреймовые модели удобны для описания структуры характеристик однотипных объектов (процессов, события, ситуаций). Фрейм ведет каркас описания некоторого класса событий.

Фреймовые модели используются для представления хорошо структурированных знаний. Совокупность фреймов, моделирующая какую-либо предметную область, представляет собой иерархическую структуру, в

которую фреймы соединяются с помощью родовых связей. На верхнем уровне иерархии находится фрейм, содержащий наиболее общую информацию, истинную для всех остальных фреймов. Отдельные характеристики или элементы описания объекта называются слотами фрейма. Каждый фрейм должен иметь имя для идентификации описываемого объекта.

Семантическая сеть в случае сетевой модели строится на множестве углов, соединенных друг с другом дугами.

Семантические сети составляют графическую версию исчисления предикатов. Дуги графа соединяют имена предикатов с их аргументами. Семантические сети представляют более сложные структуры. Такая сеть состоит из множества концептуальных графов, представляющих логические формулы, и позволяет визуализировать множество отношений между концептуальными графами.

Продукции наряду с фреймами являются наиболее популярными средствами представления знаний в интеллектуальных системах. Продукция, с одной стороны, близка к логическим моделям, что позволяет организовывать на них эффективные процедуры вывода, а с другой стороны, более наглядно отражает знания, чем классические логические модели.

Продукционная модель основывается на знаниях, представленных совокупностью правил вида: ЕСЛИ < условие > ТО < заключение >.

Если левая часть правила является описанием ситуации, а правая - действия, то такая продукция характерна, например, для систем управления. Подобного рода продукции можно применять в различных областях знаний и сфер деятельности.

В системе продукций с помощью правил строится дерево, связывающее в единое целое факты и заключения, оценка этого дерева на основании фактов, имеющихся в базе данных, и есть логический вывод.

Значения каких-либо продукций могут входить в условия других, что приводит к образованию сложных цепочек, которые можно использовать для логического вывода.

При создании базы знаний обычно пользуются несколькими моделями представления в различных сочетаниях.

В ходе разработки КМС процесса каталитической депарафинизации за основу была взята модель, основанная на использовании фреймов. Данный выбор обоснован тем, что знания процесса депарафинизации хорошо структурированы и из них строится иерархическая система, так как каждый из параметров и характеристик процесса связаны между собой.

1.5 Постановка цели и задач исследования

В ходе написания литературного обзора выявлено, что производство ДТ с улучшенными низкотемпературными характеристиками является очень актуальным, особенно в северных регионах нашей страны.

Для улучшения низкотемпературных характеристик наиболее часто применяется один из видов депарафинизации, а именно каталитическая, так как она отличается простотой реализации и наиболее доступна в отличие от других видов данного процесса.

Целью выпускной квалификационной работы является создание КМС процесса каталитической депарафинизации, которая позволит автоматизировать и оптимизировать работу установки.

Для достижения данной цели был составлен ряд задач:

1. Изучить процесс каталитической депарафинизации ДТ: сырье, продукты, катализаторы.
2. Изучить технологические параметры процесса и их влияние на качество и выход получаемого продукта.
3. Составить базу данных и базу знаний для КМС, на основе которых будет происходить выявление отклонений в работе установки.
4. Разработать сценарии нестабильной работы установки, то есть при отклонении температуры, давления или расхода сырья изучить изменение характеристик продукта.

5. Разработать рекомендации по устранению отклонений путем оптимизации параметров.

При успешном выполнении каждой из поставленных задач, результатом будет функционирующая КМС процесса каталитической депарафинизации, с помощью которой будет возможно контролировать изменение параметров процесса и при сбое в работе установки давать рекомендации по их устранению.

В результате применения данной программы работа установки будет бесперебойна, и на выходе продукт будет иметь постоянное качество, соответствующее стандартам, приведенным ранее.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В связи с повышением потребности в дизельных топливах возрастает и значимость процессов их производства. Одним из наиболее современных процессов производства данного вида топлива является процесс каталитической депарафинизации.

Режимы работы установки каталитической депарафинизации на данный момент до конца не изучены. Компьютерные моделирующие системы могут помочь повысить производительность установки и, что не менее важно, повысить уровень квалифицированности инженерно-технического персонала.

Целью выполнения магистерской диссертации является разработка компьютерной моделирующей системы процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив направленной на автоматизацию процесса и оптимизацию технологического режима данной установки с применением математического моделирования.

Данное исследование имеет особую важность, так как позволит получать продукт заданного качества независимо от параметров поступающего сырья.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Сегменты рынка, на которых будет востребована разработанная компьютерная моделирующая система:

- Нефтеперерабатывающие заводы с разным объемом производства;
- Научно-исследовательские организации, в том числе университеты и учебные центры, направленные на повышение квалификации персонала.

5.2 Диаграмма Исикава

Диаграмма причины-следствия Исикавы - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления [30].

Область применения диаграммы:

- Выявление причин возникновения проблемы;
- Анализ и структурирование процессов на предприятии;
- Оценка причинно-следственных связей.

На рисунке 8 представлена диаграмма Исикавы, из которой видно какие проблемы могут возникнуть при разработке программы.

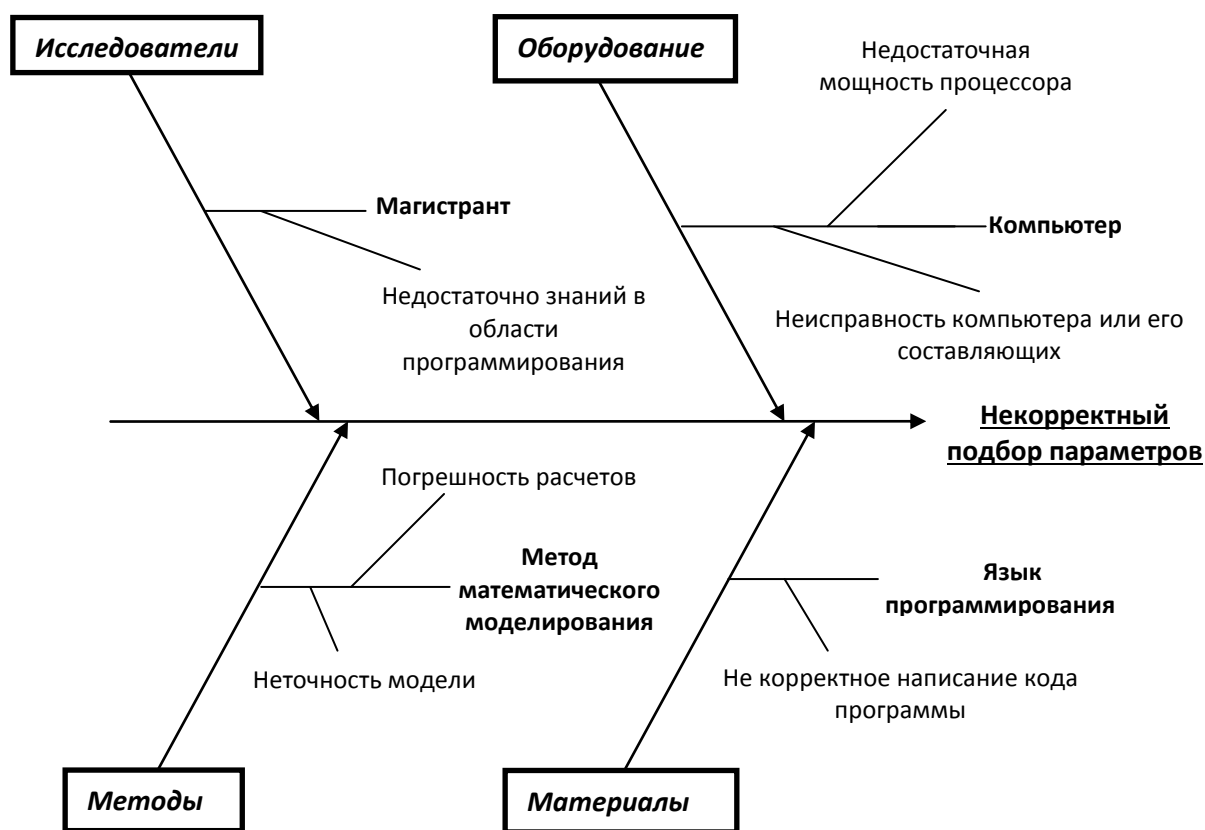


Рисунок 8 – Диаграмма Исикава

5.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

Для этого было необходимо заполнить специальную форму (Таблица 8), которая содержит показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта [30].

Таблица 8 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности	Уровень имеющихся знаний
1.	Определен имеющийся научно–технический задел	5	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно–технического задела	5	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно–технического задела для представления на рынок	5	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	3
8.	Разработан бизнес–план коммерциализации научной разработки	1	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	3

№ п/п	Наименование	Степень проработанности	Уровень имеющихся знаний
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	48	49

Суммарное значение баллов позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая [30].

По результатам оценки можно сделать вывод, что готовность научной разработки и ее разработчика к коммерциализации выше среднего.

5.4 Методы коммерциализации результатов научно–технического исследования

Для коммерциализации результатов проведенного научно–технического исследования наиболее целесообразно использовать следующие методы:

- Торговлю патентными лицензиями, то есть передача третьим лицам права использования разработанной моделирующей системы (интеллектуальной собственности) на лицензионной основе;
- Инжиниринг, то есть предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой

заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с усовершенствованием имеющихся производственных процессов.

- Организацию совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Выбранные методы коммерциализации являются наиболее продуктивными в отношении разработанной компьютерной моделирующей системы, так как они позволят осуществлять продажу программного продукта на законных основаниях, как в России, так и за рубежом. Также, данные методы позволят прийти к сотрудничеству с зарубежными странами, что в дальнейшем, сможет помочь при внедрении и коммерциализации других российских проектов, а также расширить рынок сбыта отечественной интеллектуальной собственности.

5.5 Инициализация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (Таблицы 9 и 10).

Основная рабочая группа и ограничения по проекту представлены в Таблицах 11 и 12.

Таблица 9 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Нефтеперерабатывающие заводы	Отлаженная работа установки и как следствие всего завода, за счет быстрого реагирования программного продукта на изменение характеристик сырья. Получение продукта заданного качества, исключая энергозатраты на рецикл не соответствующей стандартам продукции.
Университеты и учебные центры	Возможность рассмотрения работы реальной установки для студентов. Повышение квалификации работников предприятий за счет существования в программе базы знаний с возможными причинами отклонения от режима на производстве. .

Таблица 10 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	Разработать компьютерную моделирующую систему процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив
Ожидаемые результаты проекта	Разработка компьютерной моделирующей системы и ее коммерциализация
Критерии приемки результата проекта	Адекватность полученного программного продукта и возможность его внедрения на реальном производстве
Требование к результату проекта	Максимальное соответствие критериям приемки

Таблица 11 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функция	Трудозатраты, час.(за 1 год)
1	Белинская Н.С. Доцент ОХИ ИШПР	Руководитель проекта	Координирование проекта, консультирование	50
2	Белозерцева Н.Е. магистрант ОХИ ИШПР	Исполнитель по проекту	Сбор и анализ литературных данных, выполнение научной работы	648
3	Криницина З. В. Доцент, НИ ТПУ	Эксперт проекта	консультирование	2
4	Авдеева И.И. Доцент, НИ ТПУ	Эксперт проекта	консультирование	2
5	Сыскина А. А. Доцент, НИ ТПУ	Эксперт проекта	консультирование	2

Таблица 12 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	302 383 руб.
Источник финансирования	НИ ТПУ
Сроки проекта:	01.09.2017–31.05.2018
Дата утверждения плана управления проектом	06.09.2017
Дата завершения проекта	31.05.2018

5.6 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

5.6.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР (Рисунок 9) структурируется и определяется содержание всего проекта.

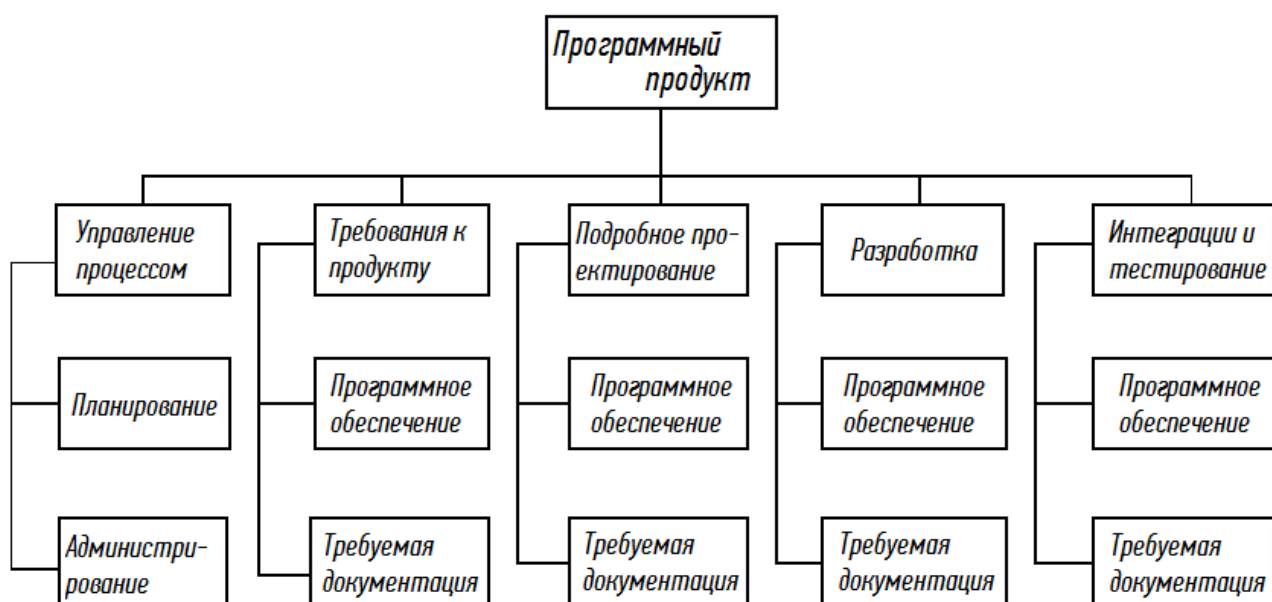


Рисунок 9 – Иерархическая структура работ

5.6.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта в виде таблицы (Таблица 13).

Таблица 13 – Календарный график проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
Определение тематики магистерской диссертации	3	01.09.17	03.09.2017	Белинская Н.С. Белозерцева Н.Е.
Согласование плана диссертации	3	03.09.17	06.09.17	Белинская Н.С. Белозерцева Н.Е.
Литературный обзор по выбранной теме	90	06.09.17	05.12.17	Белозерцева Н.Е.
Поиск аналоговых программ	15	05.12.17	20.12.17	Белинская Н.С. Белозерцева Н.Е.
Написание кода программы	90	20.12.17	20.03.18	Белинская Н.С. Белозерцева Н.Е.
Обсуждение результатов и доработка программы	21	20.03.18	10.04.18	Белинская Н.С. Белозерцева Н.Е.
Оформление магистерской диссертации	51	10.04.18	31.05.18	Белозерцева Н.Е.

По полученному календарному графику проекта была построена диаграмма Ганта (Рисунок 10). Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [30].

На диаграмме работы выполняемые Исполнителем (магистрантом) обозначены черным цветом, а работы выполняемые Руководителем (научный руководитель) обозначены зеленым цветом.

Наименование работы	Участники	Длительность работы в календарных днях	Наращение технической готовности	Удельный вес каждой работы	Продолжительность выполнения работ декады																										
					Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Определение тематики магистерской диссертации	Руковод.	3	5	5	■																										
	Исполнит.				■																										
Согласование плана диссертации	Руковод.	3	10	5	■																										
	Исполнит.				■																										
Литературный обзор по выбранной теме	Исполнит.	90	35	25		■																									
Поиск аналоговых программ	Руковод.	15	40	5										■	■																
	Исполнит.	10													■	■															
Написание кода программы	Руковод.	30	80	40											■	■	■														
	Исполнит.	70																													
Обсуждение результатов и доработка программы	Руковод.	10	90	10																				■							
	Исполнит.	21																							■	■					
Оформление магистерской диссертации	Исполнит.	51	100	10																							■				

Рисунок 10 – Диаграмма Ганта

5.7 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты должны быть сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Заработная плата;
3. Отчисления на социальные нужды и накладные расходы.

5.7.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам и ценам с учетом НДС [30].

Результаты расчета затрат на сырье, материалы и покупные изделия в процессе проведения НИР представлены в Таблице 14.

Таблица 14 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, тыс.руб.	Сумма, тыс. руб.
Программный продукт Delphi 10.01	Berlin flex licenses enterprise upgrade network named flex	1 шт	143	143
Всего за материалы:				143
Транспортно–заготовительные расходы (5%)				7,15
Итого по статье:				150,15

5.7.2 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда (Таблица 15). В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб/день.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Определение тематики магистерской диссертации	Исполнитель	3	61,8	185,4
		Руководитель	3	963,3	2889,9
2	Согласование плана диссертации	Исполнитель	3	61,8	185,4
		Руководитель	3	963,3	2889,9
3	Литературный обзор по выбранной теме	Исполнитель	90	61,8	5562,0
4	Поиск аналоговых программ	Исполнитель	10	61,8	618,0
		Руководитель	15	963,3	14449,5
5	Написание кода программы	Исполнитель	70	61,8	4326,0
		Руководитель	30	963,3	28899,0
6	Обсуждение результатов и доработка программы	Исполнитель	21	61,8	1297,8
		Руководитель	10	963,3	9633,0
7	Оформление магистерской диссертации	Исполнитель	51	61,8	3151,8
Итого:					74087,7

Статья заработной платы включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле [30]:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (1)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле [30]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (2)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника; $T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно–техническим работником, раб. дн.; $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [30]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (3)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5–дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6–дневная неделя); $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно–технического персонала, раб. дн.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	273	273
Количество нерабочих дней при шестидневной рабочей неделе	52	52
Потери рабочего времени –отпуск –невыходы по болезни	0	0
Действительный фонд рабочего времени	221	221

За период с сентября 2017 по май 2018 количество дней 273. Согласно производственным календарям за 2017 и 2018 годы при шестидневной рабочей неделе количество выходных и праздничных дней составило 52. Таким образом, действительный фонд рабочего времени составляет 221 день.

Месячный должностной оклад работника [30]:

$$З_м = [З_б + З_б \cdot (k_{пр} + k_д)] \cdot k_p \quad (4)$$

где $З_б$ – базовый оклад, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_б$); $k_д$ – коэффициент доплат и надбавок; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 17 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб	$k_{пр}$	$k_д$	k_p	$З_м$, руб	$З_{дн}$, раб.дн	T_p , раб.дн	$З_{осн}$, руб
Руководитель	28900	0,3	0,5	1,3	67626,0	963,3	61	58761,3
Исполнитель	1854	0	0	1,3	2410,2	61,8	248	15326,4

5.7.3 Дополнительная заработная плата научно–производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы [30]:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (5)$$

где $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $З_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В Таблице 18 приведена форма расчёта дополнительной заработной платы.

Таблица 18 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная, руб	58761,3	15326,4
Дополнительная, руб	7345,2	-
Итого по статье $C_{зп}$, руб	81432,9	

5.7.4 Отчисления на социальные нужды и накладные расходы

Отчисления на социальные нужды и накладные расходы будут взыматься только с заработной платы руководителя.

Статья отчисления на социальные нужды включает в себя отчисления во внебюджетные фонды [30]:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (58761,3 + 7345,2) = 17914,9 (\text{руб.})$$

(6)

где $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.)

Отчисления на социальные нужды составляет 27,1 % от суммы заработной платы всех сотрудников.

В статью накладные расходы включены затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле [30]:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (58761,3 + 7345,2) = 52885,2 (\text{руб.})$$

(7)

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

5.8 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур проектов: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры используем Таблицу 19.

Таблица 19 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Выполнение данного исследования можно представить в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура представлена на Рисунке 11.

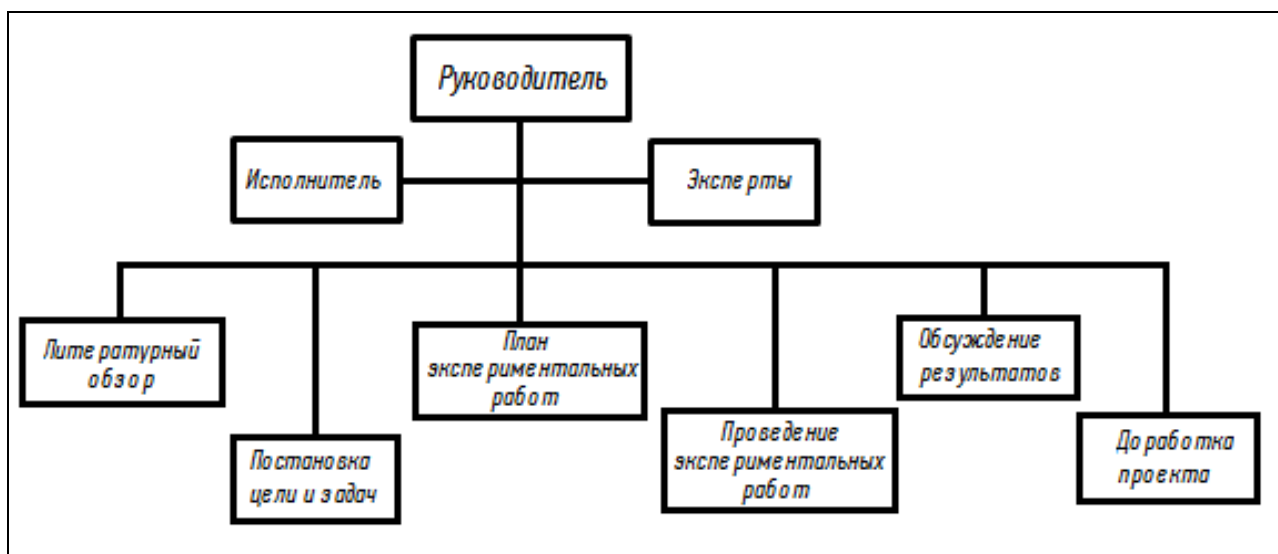


Рисунок 11 – Проектная организационная структура проекта

5.9 Матрица ответственности

С целью распределения ответственности между участниками проекта сформирована матрица ответственности представленная в Таблице 16.

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

Таблица 20 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель	Исполнитель
Определение тематики магистерской диссертации	У	О
Согласование плана диссертации	С	О
Литературный обзор по выбранной теме	У	И
Поиск аналоговых программ	У	И
Написание кода программы	С	О
Обсуждение результатов и доработка программы	С	И
Оформление магистерской диссертации	С	О

5.10 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. План управления коммуникациями приведен в Таблице 21.

Таблица 21 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (пятница)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (начало месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю, Экспертам	Не позже сроков графиков и контрольных точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

5.11 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Риски проекта приведены в Таблице 22.

Таблица 22 – Реестр рисков проекта

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1–5)	Влияние риска (1–5)	Ур. риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность модели	Погрешность расчетов	4	5	Высок.	Доработка модели	Недостаточное количество экспериментальных данных
2	Погрешность расчетов	Некорректные экспериментальные данные	3	5	Средн.	Тщательный отбор данных	Применение данных из непроверенных источников
3	Некорректное написание кода программы	Программа не будет работать	2	5	Низк.	Проверка правильности и кода	Невнимательность

5.12 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

5.12.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как [30]:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} \quad (8)$$

где I_{ϕ}^p – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [30]:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (9)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i -го параметра; b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в Таблице 23, где Текущий проект – это процесс каталитической депарафинизации с применением разработанной компьютерной моделирующей системы, Аналог 1 – это процесс каталитической депарафинизации БЕЗ применением разработанной КМС.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1
1. Удобство в эксплуатации	0,15	5	2
2. Энергосбережение	0,25	5	4
3. Ресурсосбережение	0,35	4	2
4. Надежность	0,10	5	4
5. Эффективность	0,15	5	3
Итого	1	24	15

Далее рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_m^{\text{тек. проект}} = 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,35 \cdot 4 + 0,10 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65$$

$$I_m^{\text{аналог 1}} = 0,15 \cdot 2 + 0,25 \cdot 4 + 0,35 \cdot 2 + 0,10 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 2,85$$

Из расчета интегрального показателя ресурсоэффективности можно сделать вывод, что применение данного проекта очень перспективно.

Расчет интегрального финансового показателя не целесообразен, так как очевидно, что без применения разработанной КМС, работа установки будет обходиться дешевле. Но если судить объективно, применение данной КМС сделает работу установки каталитической депарафинизации более выгодной,

например: снизятся до минимума сбои в работе, качество дизельного топлива будет иметь постоянные требуемые характеристики.

6 Социальная ответственность

6.1 Производственная безопасность

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является очень важным аспектом любой деятельности. Для этого применяется комплекс мер, содержащий правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [31].

Объектом исследования данной работы стал процесс каталитической депарафинизации с получением дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными характеристиками.

Целью данной работы стало создание компьютерной моделирующей системы процесса каталитической депарафинизации направленной на автоматизацию и оптимизацию установки.

Для достижения данной цели было выделено рабочее место, соответствующее нормам [32]. Рабочее место оснащено рабочим компьютером (ПК) и принтером. Помещение, в котором находится рабочее место, оснащено системами отопления, освещения (искусственного и естественного) и кондиционирования воздуха. Также в аудитории находится аптечка первой медицинской помощи, углекислотный огнетушитель для тушения пожара. Рабочее место – стационарное, оборудованное компьютером.

6.1.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте

Работа за персональным компьютером регулируется техникой безопасности и требует соблюдения предписанных норм. При использовании вычислительной техники возможно проявление следующих вредных факторов: перенапряжение зрительных анализаторов; монотонность труда, эмоциональные перегрузки; повышенный уровень электромагнитных излучений; статические физические перегрузки костно-мышечного аппарата и

локальные динамические перегрузки мышц кистей рук; повышенная яркость света; пониженная ионизация воздуха; повышенное напряжение в электрической цепи и т.д. Далее будут рассмотрены нормы и ограничения, применимые к наиболее важным факторам производства.

- Освещение на рабочем месте

Особая роль отводится контролю по обеспечению должного уровня освещения рабочего места. Поскольку местом проведения работ является помещение, то возникает необходимость максимального приближения освещения к естественному (солнечному), чтобы избежать снижения зрения и повышение утомляемости работника.

Согласно источнику [32] в помещениях для эксплуатации ПК организовано естественное освещение через оконные проемы, обеспечивающее коэффициенты естественной освещенности (КЕО) не ниже 1,5 %. Искусственное освещение представлено комбинированной системой. Поскольку монитор ПК также является источником света, то рекомендуется в целях снижения мерцания экрана устанавливать частоту кадров 60 Гц для ЖК-мониторов.

Согласно источнику [32] для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования персональных компьютеров следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Рабочий стол рекомендуется устанавливать таким образом, чтобы световой поток был направлен слева от работника.

- Производственный шум и вибрация

Шум, как раздражающий фактор, оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. При работе с компьютером возможно появление нервного напряжения и снижение работоспособности. Источники шума - процессор компьютера, электролампы, системы вентиляции и отопления.

В соответствии с источником [33] уровни звука и эквивалентные уровни

звука на рабочем месте пользователей ПК не должны превышать 50 дБА (децибел с коррекцией А).

В помещениях всех типов образовательных учреждений, в которых эксплуатируются персональные компьютеры, уровень вибрации не должен превышать допустимых значений в соответствии с источником [33]. Рабочее место не имеет собственных источников вибрации, но испытывает общие технологические воздействия. Следовательно, согласно классификации, представленной в источнике [34], по источнику возникновения вибрации, рабочее место относится к категории 3 (технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации) и типу В (общая вибрация на рабочих местах в помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, вычислительных центров, здравпунктов, конторских помещениях, рабочих комнатах и других помещениях для работников умственного труда; общая вибрация в жилых помещениях и общественных зданиях от внутренних источников: инженерно-технического оборудования зданий и бытовых приборов)

- **Монотонность труда**

Специалистами по гигиене условия труда человека классифицированы по степени тяжести и напряженности трудового процесса и по показателям вредности и опасности факторов производственной среды [35].

Факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда, – это в основном мышечные усилия и затраты энергии.

Факторы трудового процесса, характеризующие напряженность труда, – это эмоциональная и интеллектуальная нагрузка, нагрузка на анализаторы человека (слуховой, зрительный и т. д.), монотонность нагрузок, режим работы.

Сущность монотонности заключается в продолжительном неприятном воздействии однообразия работы на организм человека, его нервную систему.

Монотонная работа существенно влияет на функциональное состояние человека. Под влиянием монотонности человек, не умеющий это психическое

состояние сдерживать или устранять, становится вялым, безучастным к работе, возникает угнетающее состояние, что приводит к преждевременному утомлению.

При развитии монотонности необходимо сменить ритм трудовой деятельности, а во время перерыва рекомендуется использовать активный отдых.

- Напряженность внимания и анализаторных функций

Напряженность труда характеризует ту сторону трудовой деятельности, которая требует мобилизации высших психических функций человека, таких как восприятие, внимание, оперативная память, аналитико-синтетическая деятельность центральной нервной системы.

Для оценки напряженности труда существует несколько факторов, которые сгруппированы по видам нагрузок (рассмотрим только те, которые применимы к данной работе):

1. Интеллектуальные

- Содержание работы (указывает на степень сложности выполнения задания);
- Восприятие информации и ее оценка (поступающая при работе информация сравнивается с нормальными значениями, необходимыми для хода трудового процесса);
- Характер выполняемой работы (при выполнении работы по индивидуальному плану уровень напряженности не высок).

2. Эмоциональные

- Степень ответственности за результат (указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности; в данном случае с возрастанием сложности повышается степень ответственности, что приводит к увеличению эмоционального напряжения);
- Продолжительность выполнения задания (чем меньше времени остается на выполнение задания, тем больше нагрузка при не правильном

распределении рабочего времени).

Напряженность трудового процесса проводится по методике [35]. Данная работа относится к классу 2, так как все показатели находятся в пределах допустимых норм.

- Микроклиматические условия

Под термином «микроклимат» понимается совокупность нескольких факторов, влияющих на условия работы – температура окружающей среды, влажность воздуха и скорость движения воздуха. Отклонение данных показателей от нормы влияет главным образом на осуществление теплообмена организма с окружающей средой.

Согласно источнику [36] оптимальные характеристики микроклимата представлены в Таблице 24. Работу пользователя ПК относим к категории тяжести работ 1а (работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением).

Таблица 24 – Оптимальные параметры микроклимата

Сезон	Температура воздуха (t), °C	Относительная влажность, %
Холодный и переходный (средне суточная температура меньше 10°C)	22-24	60-40
Теплый (среднесуточная температура воздуха 10°C и выше)	21-23	60-40

Скорость движения воздуха как для теплого, так и для холодного сезонов должна составлять 0,1 м/с .

Так как на выделенном рабочем месте предусмотрена вентиляция и отопление, то оно соответствует нормам температуры [36] как в холодный, так и в теплый сезон. Скорость движения также соответствует нормам, так как помещение закрытое. Относительно влажности воздуха сложно сказать, так как на рабочем месте отсутствует гигрометр и увлажнитель воздуха.

6.1.2 Анализ опасных факторов на рабочем месте

Согласно [37], электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей и животных от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Требования электробезопасности распространяются на всех потребителей электроэнергии. Новые или реконструированные электроустановки и пусковые комплексы должны быть приняты в эксплуатацию в порядке, изложенном в Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей и других нормативных документах.

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электроустановок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Электроустановки и их части должны быть выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности [37]. Согласно [38] все защитные устройства должны быть разработаны и сконструированы таким образом, чтобы они функционировали эффективно в течение предполагаемого срока службы.

Особое внимание следует уделить внешним воздействующим факторам: температуре окружающей среды, климатическим условиям, присутствию воды, наличию механических напряжений, компетентности людей и наличию условий контакта людей или животных с электрическим потенциалом земли [38].

Мероприятия при поражении током:

- Освобождение пострадавшего от действия тока;

1. Освобождать человека от действия тока необходимо как можно быстрее, но при этом надо соблюдать меры предосторожности. Если

пострадавший находится на высоте, должны приниматься меры по предупреждению его падения.

2. Прикосновение к человеку, находящемуся под напряжением, опасно, и при ведении спасательных работ необходимо строго соблюдать определенные предосторожности от возможного поражения током лиц, проводящих эти работы.

3. Наиболее простым способом освобождения пострадавшего от тока является отключение электроприбора или оборудования, или той ее части, которой касается человек. При отключении может погаснуть электрический свет, поэтому при отсутствии дневного света необходимо иметь наготове другой источник света - фонарь, свечу и т. д.

4. Если быстро отключить установку нельзя, необходимо принять соответствующие меры предосторожности, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью или телом пострадавшего.

5. В установках напряжением до 400 В пострадавшего можно оттянуть за сухую одежду. При этом нельзя касаться незащищенных участков тела пострадавшего, сырой одежды, обуви и т. д.

6. При наличии электрозащитных средств — диэлектрических перчаток, галош, ковриков, подставок — следует их использовать при освобождении пострадавшего от тока.

7. В случаях, когда руки пострадавшего охватывают проводник, следует перерубить проводник топором или другим острым предметом с изолированными ручками (сухое дерево, пластмасса).

8. В установках напряжением выше 1000 В для освобождения пострадавшего необходимо пользоваться изолирующей штангой или изолирующими клещами, соблюдая все правила пользования этими защитными средствами.

9. Если пострадавший в результате воздействия напряжения шага упал, его необходимо изолировать от земли, подсунув под него сухую деревянную доску или фанеру.

- Оказание доврачебной помощи:

1. Первая помощь оказывается немедленно после освобождения от действия тока на месте происшествия, если нет опасности, угрожающей пострадавшему или оказывающим помощь.

2. Приступив к оказанию помощи, нужно позаботиться о вызове врача или скорой медицинской помощи.

3. Если пострадавший не потерял сознание, необходимо обеспечить ему отдых, а при наличии травм или повреждений (ушибы, переломы, вывихи, ожоги и т. д.) необходимо оказать ему первую помощь до прибытия врача или доставить в ближайшее лечебное учреждение.

4. Если пострадавший потерял сознание, но дыхание сохранилось, необходимо ровно и удобно уложить его на мягкую подстилку — одеяло, одежду и т. д., расстегнуть ворот, пояс, снять стесняющую одежду, очистить полость рта от крови, слизи, обеспечить приток свежего воздуха, дать понюхать нашатырный спирт, обрызгать водой, растереть и согреть тело.

5. При отсутствии признаков жизни (при клинической смерти отсутствует дыхание и пульс, зрачки глаз расширены из-за кислородного голодания коры головного мозга) или при прерывистом дыхании следует быстро освободить пострадавшего от стесняющей дыхание одежды, очистить рот и делать искусственное дыхание и массаж сердца.

6.2 Экологическая безопасность

При разработке и эксплуатации компьютерной моделирующей системы на рабочем месте встречаются такие загрязнители как:

- Люминесцентные лампы;
- Макулатура (пометки и записи при работе);
- Комплектующие персонального компьютера (процессор, экран, клавиатура, мышь)

1) Люминесцентные лампы

Люминесцентные лампы являются распространенными и экономичными источниками света, создающими рассеянное освещение в общественных помещениях. Но концентрация ультрафиолета от лампочки вредна для здоровья людей. Это отрицательно влияет на кожу и приводит к раннему ее старению.

Вред люминесцентных ламп связан с наличием ртути. Во время изготовления продукции применяется люминофор, аргоновый газ с ртутными парами. Ожидается большой вред от разбитой люминесцентной лампы, поскольку в закрытом помещении показатель указанных компонентов превысит норму. Также вред люминесцентной лампы заключается в электромагнитном излучении, что отличает ее от обычной лампочки накаливания. Нарушается допустимая норма излучения в радиусе 15 см от источника света. Поэтому не следует их использовать в настольных и настенных светильниках, возле которых приходится находиться долгое время.

В одной лампочке присутствует 7 мг ртути. Хотя показатель небольшой, но выбрасывать ее в мусорное ведро нельзя. Поскольку вред люминесцентных ламп очевиден, производитель советует отправлять на переработку вышедшие из строя лампы, но как видно из практики, такие лампочки попадают на свалку.

Такая продукция, как люминесцентные (энергосберегающие) лампы, становится все популярнее, поэтому в будущем ожидается экологическая катастрофа.

2) Макулатура

Макулатура – изделия из бумаги и картона, вышедшие из употребления, один из видов твердых бытовых отходов, вторичное сырье, которое перерабатывается и идет на изготовление туалетной и типографской бумаги, картона для упаковок и тары, волокнистых плит, теплоизоляционных, кровельных и другого рода строительных материалов.

Сбор и сдача макулатуры в приемные пункты – это не только очищение офиса или дома, но и благородное занятие, поскольку тонны бумажного мусора (разного рода флаеры, листовки, рекламные газеты и т.д.), валяющиеся на улицах города, - путь к самому настоящему экологическому бедствию.

3) Комплектующие ПК

Компьютеры состоят из разных деталей, которые могут негативно сказаться на экологии территории, поэтому бездумное выбрасывание их на свалку может привести к серьезным последствиям. Запчасти, в которых есть свинец, ртуть, олово, отравляют почву и атмосферу, что приводит к гибели живых организмов. Кроме того, незаконный выброс опасного мусора привлечет к административной ответственности и обычных граждан, и юридических лиц.

Компьютерное оборудование не принадлежит к одному классу опасности, ведь оно содержит детали, которые по-разному будут взаимодействовать с окружающей средой, согласно [39] комплектующие ПК относятся к следующим классам опасности:

- ртутные лампы, используемые в ПК, ноутбуках, мониторах, являются чрезвычайно опасными, поэтому отнесены к I классу;
- платы и аккумуляторы, которые содержат свинец, кадмий или олово, относятся ко II классу опасности;
- трансформаторы и провода – к III классу;
- металлические детали практически безопасны, и им присвоена V степень опасности

Утилизировать компьютерную технику нужно согласно рекомендации производителя продукта и в соответствии с [40]. Компьютеры перерабатываются по определенной схеме: составление паспорта отхода – проведение экологического исследования – разбор техники – сортировка комплектующих – дальнейшая переработка.

Учитывая, что разбираемые запчасти имеют разную степень опасности, их сортируют по вредности, чтобы легче было перевозить, перерабатывать или складировать на полигонах. Так, детали I и II класса хранятся в специально оборудованном, изолированном помещении. При этом отходы ПК упаковываются в герметичные контейнеры и цистерны с толщиной стенок минимум в 10 мм и могут храниться не более 24 часов на одном месте.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

1) Пожарная безопасность

При эксплуатации электрооборудования (в данном случае ПК) возможно возникновение чрезвычайных ситуаций, требующих обеспечения электро- и пожарной безопасности на рабочем месте.

Требования безопасности при эксплуатации электрооборудования регламентируются [41], в соответствии с которым не электротехническому персоналу, выполняющему работы, при которых может возникнуть опасность поражения электрическим током, присваивается группа I по электробезопасности.

Присвоение группы I производится путем проведения инструктажа и проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током. Присвоение I группы по электробезопасности проводится с периодичностью не реже 1 раза в год.

В соответствии с источником [42] учебная аудитория, оборудованная компьютером, относится к категории «В». Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты.

Горючими компонентами в помещении являются: строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, изоляция кабелей и др.

Источниками возгорания могут служить электрические схемы от ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений в работе элементы перегреваются, могут возникнуть электрические искры, способные вызвать загорания горючих материалов.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты [43]. На кафедре размещены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны, кроме того размещен

схематичный план эвакуации людей при пожаре; дополнительно разработана инструкция, определяющая действия персонала в случае возникновения очага возгорания. Согласно источнику [44] установлен и выполняется запрет на курение в помещении. Определен порядок хранения и уборки отходов химических веществ, так как они используются рядом с рабочим местом. В соответствии с требованиями пожарной безопасности и охраны труда, проводится регулярный инструктаж и проверка знаний по технике безопасности на рабочем месте. Помещение оснащено первичными средствами пожаротушения: огнетушители, лопаты, ящики с песком, асбестовые одеяла.

В случае возникновения пожара, необходимо предпринять следующие меры: обесточить помещение, вызвать службу пожарной охраны. Если горит электроприбор (ПК) - накрыть его асбестовым одеялом или другим плотным материалом и дожидаться прекращения горения из-за отсутствия доступа кислорода. Затем воспользоваться порошковым огнетушителем. Если масштабы возгорания велики, то необходимо закрыть дверь в горящее помещение, чтобы снизить скорость распространения огня, соблюдать спокойствие и эвакуироваться.

2) Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При возникновении ЧС, мероприятия представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения. Данные мероприятия определены в источнике [45] и проводятся на основании положения комплекса государственных стандартов по предупреждению и ликвидации чрезвычайной ситуации.

На территории Томской области наиболее вероятны следующие природные явления, создающие чрезвычайные ситуации и опасность при работе с ПК:

- Шторм со скоростью ветра 24,5–32,6 м/с и ураганы со скоростью ветра свыше 33 м/с могут привести к значительным и катастрофическим разрушениям и поломкам стволов деревьев, что может быть причиной нарушения и повреждения линий электропередач.

- Продолжительные сильные дожди с количеством осадков 100 мм и более за период более 12 ч и менее 48 ч.

Основную опасность для помещений, оборудованных ПЭВМ на территории г. Томска могут также представлять грозовые явления, при прямом попадании молнии может возникнуть пожар, произойти разрушение оборудования, поражение и гибель людей. Поэтому в случае грозовых явлений предусмотрена молниезащита (система, обеспечивающая перехват молнии и отвод её в землю, тем самым, защищая здание (сооружение) от повреждения и пожара).

Для второго корпуса Томского политехнического университета одни из наиболее вероятных ЧС это опасные гидрологические явления в виде затопления подвальных помещений, подъездных и эвакуационных путей, а также образование оползня в весенний период из-за таяния снегов. Данные вредоносные факторы могут повлиять на целостность сооружения и привести к разрушению здания. Для предотвращения ЧС разработаны инженерно-технические меры, включающие в себя:

- Ливневые коммуникации;
- Плановый вывоз снега;.
- Укрепления грунта насаждениями.

Наряду с другими техногенными авариями и катастрофами (пожары, взрывы, радиация, обрушение здания) в случае использования ПЭВМ необходимо рассмотреть опасность, возникающую от электричества.

При загорании электрических аппаратов или веществ около проводов находящихся под током во время тушения пожаров всегда имеется опасность поражения током. Поэтому в здании или его части, где производится тушение пожара, электрическая сеть должна быть отключена.

В случае поступления сигнала об эвакуации необходимо: обесточить все электроприборы, находящиеся на рабочем месте, перекрыть кран подачи воды, выключить освещение. Выходя из лаборатории необходимо выключить общий рубильник.

В случае стихийного бедствия или военного конфликта необходимо эвакуироваться. При стихийном бедствии необходимо оповестить всех работников об угрозе возникновения бедствия. К числу мероприятий по предотвращению и максимальному снижению последствий от стихийных бедствий относятся: строгое соблюдение специфических мер безопасности, оповещение населения, специальная подготовка и оснащение формирований, оказание своевременной медицинской помощи пострадавшим.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с источником [32] на рабочее место одного пользователя ПК должно приходиться не менее 6 м². К помещениям, где находятся ПК, предъявляют требования к внутренней отделке. Полимерные материалы используются для внутренней отделки интерьера помещений с ПК при наличии санитарно-эпидемиологического заключения согласно источнику [46].

Помещения, где размещены ПК, должны быть снабжены защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Помещения для занятий оборудуются одноместными столами, предназначенными для работы с ПК, причем конструкция одноместного стола для работы с ПК должна соответствовать норме [32].

Оконные проемы в помещениях использования ПК должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа - жалюзи, занавесей и др.

В ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» были рассмотрены основные вредные факторы, влияющие на работу при выполнении магистерской диссертации, и документы нормирующие их.

Исходя из имеющихся данных, важно отметить, что рабочее место соответствует вышеупомянутым нормам и подготовлено к чрезвычайным ситуациям.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были изучены основные стандарты, регламентирующие выпускаемое ДТ различных марок, а также процессы их получения. Выявлено, что наиболее часто применяемым процессом получения низкозастывающих компонентов ДТ является каталитическая депарафинизация. Изучены основные параметры данного процесса, его технология и применяемые катализаторы.

Целью выпускной квалификационной работы являлось создание КМС процесса каталитической депарафинизации, которая позволит автоматизировать и оптимизировать работу установки.

Для достижения данной цели были составлены база данных и база знаний, которые являются основой КМС. Также были разработаны сценарии нестабильной работы установки, то есть при отклонении какого-либо из основных технологических параметров изучено изменение характеристик продукта.

Разработанная моделирующая система может применяться на промышленном предприятии в реальном режиме эксплуатации установки каталитической депарафинизации для рекомендаций действий при возникновении нештатной ситуации с учетом состава перерабатываемого сырья и активности катализатора, что позволит получать продукт с требуемыми свойствами и высоким выходом с наименьшими затратами.

Также разработанная моделирующая система может применяться в качестве тренажера для персонала промышленной установки по сценариям действий в случае нештатной ситуации, возникающих не только в реакторном блоке, но и в блоках со вспомогательным оборудованием. Кроме того, моделирующая система может быть внедрена в учебный процесс на профилях подготовки кадров нефтегазовой отрасли с целью исследования основных закономерностей процесса каталитической депарафинизации и его оптимизации.

Список публикаций студента

1. Belinskaya N. S. , Frantsina E. V. , Ivanchina E. D. , Popova N. V. , Belozertseva N. E. Determination of optimal temperature of catalytic dewaxing process for diesel fuel production [Electronic resorces] // Petroleum and Coal. - 2016 - Vol. 58 - №. 7. - p. 695-699.
2. Белинская Н. С. , Францина Е. В. , Белозерцева Н. Е. Мониторинг работы промышленной установки гидродепарафинизации по цетановому числу и низкотемпературным характеристикам дизельного топлива // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 Апреля 2016. - Томск: Изд-во ТПУ, 2016 - Т. 2 - С. 461-462
3. Белозерцева Н. Е. , Белинская Н. С. , Францина Е. В. Зависимость эксплуатационных и физико-химических свойств дизельных топлив от свойств индивидуальных углеводородов // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П.Кулева, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, Томск, 17-20 Мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - С. 327-328
4. Belinskaya N. S. , Frantsina E. V. , Belozertseva N. E. Monitoring of industrial hydrodewaxing plant in the context of cetane number and low temperature characteristics of diesel fuel // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 Апреля 2016. - Томск: Изд-во ТПУ, 2016 - Т. 2 - С. 1125-1127
5. Белозерцева Н. Е. , Майлин М. В. Термодинамический анализ реакций горения различных углеводородов, входящих в состав дизельного топлива // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII

Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, Томск, 29 Мая-1 Июня 2017. - Томск: Изд-во ТПУ, 2017 - С. 277-278

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015661466. Расчет технологических показателей процесса каталитической депарафинизации смеси дизельных фракций и атмосферного газойля. Правообладатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Авторы: Белинская Н.С., Иванчина Э.Д., Назарова Г.Ю., Белозерцева Н.Е. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ: 29 октября 2015 г.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016663744. Моделирование процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив. Правообладатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Авторы: Белинская Н.С., Францина Е.В., Попова Н.В., Белозерцева Н.Е., Иванчина Э.Д. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ: 15 декабря 2016 г.

Список литературы

1. Мановян А.К. Технология переработки природных энергоносителей – М.: Химия, КолосС, 2004. – 456 с.: ил.
2. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту»: [техн. регламент: принят решением Комиссии Таможенного союза 18 окт. 2011 г.]. – 2011. – 22 с.
3. ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 34 с.
4. ГОСТ Р 55475-2013 Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2013, 12с.
5. ГОСТ 32511-2013 (ЕН 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 16 с.
6. Афанасьев И.П., Ишмурзин А.В., Талалаев С.Ю., Лебедев Б.Л. Разработка промышленной технологии производства зимнего дизельного топлива смешиванием дизельной и керосиновой фракции // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2014. – № 4. – С. 10-18.
7. Митусова Т.Н. Современное состояние производства низкозастывающих дизельных топлив на заводах России /Митусова Т.Н., Хавкин В.А., Гуляева Л.А., Калинина М.В., Виноградова Н.Я. // Мир нефтепродуктов. – 2012. – №2. – С. 6-8.
8. Ахметов С.А. Лекции по технологии глубокой переработке нефти в моторные топлива: Учебное пособие. – СПб.: Недра, 2007. – 312 с.
9. Ахметов С.А. и др. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С.А. Ахметов, Т.П. Сериков, И.Р. Кузеев, М.И. Баязитов; Под ред. С.А. Ахметова. – СПб.: Недра, 2006. – 868 с.; ил.
10. <http://www.interface.ru> Моделирующие программы для нефтяной и

газовой промышленности [Электронный ресурс].

11. <http://www.gibbsim.ru> GIBBS Моделирование в нефтегазовой промышленности (официальный сайт производителя) [Электронный ресурс].

12. <http://thermogas.kiev.ua> Научно-техническая фирма «ТЕРМОГАЗ» (официальный сайт производителя) [Электронный ресурс].

13. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д. Интеллектуальные системы в химической технологии и инженерном образовании. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1996. – 200 с.

14. Рындин Д.А., Белоусова О.Ю., Япаев Р.Ш. Исследование процесса приобретения и подборка катализаторов для установки «Гидрокрекинг» с помощью программы оптимизационного планирования ASPEN PIMS // Башкирский химический журнал. – 2016. Том 23, №1. – С. 83-87.

15. Осипова Э.В., Теляков Э.Ш., Капитонова О.В., Тукманов Д.Г. Проектирование установок АТ и АВТ с использованием универсальных моделирующих программ (УМП) // Вестник технологического университета. – 2015. Т.18, №16. – С. 101-104.

16. Гартман Т.Н., Советин Ф.С., Новикова Д.К. Опыт применения программы CHEMCAD для моделирования реакторных процессов // Теоретические основы химической технологии. – 2009. Том 43, №6. – С. 702-712.

17. Пастухов В.А, Михайлова Н.Ю. Развитие интегрированной информационной системы «ИС КИНЕФ» // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2016. – № 3. – С. 76-79.

18. Чистякова Т.Б. Информационные технологии синтеза компьютерных тренажеров для химических производств // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2007, №1(27). – С. 90-95.

19. Чистякова Т.Б., Новожилова И.В. Тренажерные комплексы для обучения ресурсо- и энергосберегающему управлению химико-технологическими процессами // Вестник технологического университета. –

2016. Т.19, № 17. – С. 154-158.

20. Стебенева В.И., Назарова Г.Ю. Компьютерная моделирующая система каталитического крекинга вакуумного газойля // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина. Том II / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 1074 с. – С. 355-356.

21. Nazarova G.Y., Burumbaeva G.R., Shafran T. A., Svarovskii A.Y. Computer simulator for student training to effective exploitation the catalytic cracking unit // Petroleum and Coal. – 2016. – Vol. 58 (1). – P. 76-82.

22. Технологический регламент установки «Установка гидродепарафинизации смеси атмосферного газойля с бензином висбрекинга». – 2013. – 531 с.

23. Жоров Ю.М. Расчеты и исследования химических процессов нефтепереработки. – Химия. – 1973. – 216 с.

24. Ho T.C. Kinetic Modeling of Large-Scale Reaction System // Catalysis Reviews. – 2008. – Vol. 50. – Issue 3. – P. 287-378.

25. Froment G.F. Single event kinetic modelling of complex catalytic processes // Catalysis Reviews. – 2005. – Vol. 45. – P. 83-124.

26. Ancheyta J., Sanchez S., Rodrigues M.A. Kinetic modeling of hydrocracking of heavy oil fraction: a review // Catalysis Today. – 2005. – Vol. 109. – Issues 1-4. – P. 76-92.

27. Иванчина Э.Д. Основные этапы создания и развития методологии построения математических моделей многокомпонентных каталитических процессов // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2013. – №10. – С. 3-9.

28. Иванчина Э.Д. Системный анализ процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие / Э.Д. Иванчина, Е.С. Чернякова, Н.С. Белинская, Е.Н. Ивашкина ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во

Томского политехнического университета, 2017. – 115 с.

29. Иванчина Э.Д., Белинская Н.С., Францина Е.В., Попова Н.В., Луценко А.С., Аверьянова Е.В. Прогнозирование активности катализатора процесса депарафинизации дизельных топлив на установке ООО «КИНЕФ» методом математического моделирования // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2017 – №. 4. – С. 13-18.

30. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

31. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 05.02.2018)// СПС Консультант

32. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 13 июня 2003 г. № 118 г. Москва

33. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России 31 октября 1996 г. № 36. Москва.

34. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. Москва.

35. Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»

36. Гигиенические требования к микроклимату производственных

помещений: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.548-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 1 октября 1996 г., № 21. Москва.

37. ГОСТ Р 12.1.009-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Термины и определения»

38. ГОСТ ИЕС 61140-2012 «Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования» (с Поправкой)

39. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)

40. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)

41. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок; приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н, зарегистрировано в Минюсте России 12.12.2013 N 30593.

42. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ (ред. от 23.06.2014).

43. Приказ МЧС РФ от 18 июня 2003г.N313 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)».

44. Федеральный закон от 23 февраля 2013 г. N 15-ФЗ "Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака".

45. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – введ. 01.01.1995.- М.: Издательство стандартов, 1994. – 11 с.

46. Полимерные и полимерсодержащие строительные материалы, изделия и конструкции. Гигиенические требования безопасности: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.2.729-99: Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 27

января 1999 г. № 3. Москва.

Приложение А
(справочное)

Literature review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM61	Белозерцева Наталья Евгеньевна		

Консультант Отделения химической инженерии:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Белинская Наталия Сергеевна	Кандидат технических наук		

Консультант – лингвист Отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Сыскина Анна Александровна	Кандидат филологических наук		

Introduction

It is generally known that diesel fuel is a mixture of hydrocarbons derived from kerosene-gasoil fractions by distillation of oil, as well as in catalytic processing. Diesel fuel is most often used as a liquid fuel for internal combustion engines.

Over the past few years, Russia has experienced an increase in the production of diesel fuel. In 2017, Russia produced 76,847 thousand tonnes of diesel fuel (in general), which is higher on 0.9 percent than the previous year.

Low-temperature properties are one of the main parameters that determine the brand of fuel. These properties are characterized by three temperatures: application temperature, cloud point temperature and pour point [1].

One of the most modern processes of diesel fuel production is the process of catalytic dewaxing. The researches of this process are conducted by many domestic scientific and production collectives.

But despite the growth in knowledge of catalytic dewaxing, its optimization has not been carried out at the moment, because it is difficult to do taking into account feedstock composition, catalyst activity and possible deviations (abnormal situations) in the plant operation. The actuality of catalytic dewaxing modeling is due to the fact that in case of obtaining a successful result the main goal will be achieved - the production of diesel fuel meeting international standards, with minimal economic and production costs.

The goal of the final qualifying work is the development of a computer modeling system for the catalytic dewaxing process. This computer modeling system can be used as a simulator for personnel that work on the industrial plant. Besides, it can also monitor process parameters and offer options for optimizing performance parameters when the final product characteristics do not match.

The object of the study is an industrial plant for the catalytic hydrodewaxing of diesel fuel.

The subject of the study is the regularities of the feedstock composition influence, the catalyst activity and the technological parameters of the catalytic dewaxing unit operations taking into account the deviations in its operation.

The personal contribution consists in the computer modeling system development and the possible scenarios development that may occur on the industrial plant, for example, if the process parameters change (temperature, reactor pressure, raw materials consumption at the reactor inlet). Also, the recommendations were developed to change the technological regime in an abnormal situation event, taking into account the feedstock composition and the catalyst activity.

The result of the developed computer modeling system will be uninterrupted operation of the industrial plant and full compliance with the process product final characteristics, because the system provides for signaling in the event of filterability limit temperature non-compliance. The developed system can be used in oil refineries, which include a catalytic hydrodewaxing unit.

Modern requirements to the winter and Arctic brands diesel fuels quality

Diesel fuel is one of the most important large-tonnage products of oil refining, which ensures the functioning of various sector transport of national economy and is widely used by individual consumers. At the world economy current stage development, there is a stable positive dynamics of demand for diesel fuel, which contributes to requirements constant tightening for its quality.

The brand and operating conditions of diesel fuel are determined by the main quality indicators. Most often diesel fuel is divided into brands depending on the climate of its applicability (application in a moderate, cold or arctic climate). This division is fundamental since the fuel fractional and chemical composition determines its low-temperature characteristics.

At the moment, the production of diesel fuel with improved low-temperature characteristics is difficult, because this production requires large investments and harsh conditions.

The main documents regulating diesel fuel ecological and operational characteristics are: technical conditions, as well as the Technical Regulations of the Customs Union TR CU 013/2011 «About requirements for automotive and aviation gasoline, diesel and marine fuels, jet fuel and fuel oil» [2].

This regulation establishes the designation of diesel fuel brand, the climatic conditions for its use, fuel ecological class and what characteristics the produced and sold fuel should have depending on the parameters. For example, with the increase in diesel fuel ecological class from K2 to K5, the sulfur content in it decreases from 500 to 10 mg / kg. Also, this regulation establishes the timeframe for switching to the production of higher ecological class fuel.

There are other standards that establish diesel fuel characteristics and the technical conditions of its operation:

- «Diesel fuel EVRO. Specifications» (STST 523-2005) [3];
- «Dewaxed winter and arctic diesel fuel. Specifications» (STST 55475-2013) [4];
- «Diesel fuel EURO. Specifications» (STST 32511-2013) [5].

When producing diesel fuel, it is not always possible to immediately meet all known requirements. In this regard, for this fuel production with improved low-temperature characteristics, certain processes for diesel fuel components production are used.

Processes for diesel fuel production with improved low-temperature characteristics

The relevance of developments in the field of new technologies for the production of low-freezing diesel fuel is due to the growing consumption of winter and arctic types of this fuel, not only in Russia, but also abroad.

In the Russian practice, in the production of low-freezing diesel fuel components, three main technologies are used:

- reduction of the boiling range of the middle distillate fractions;

- adding kerosene fraction to the diesel fuel;
- application of depressant-dispersing additives [6].

However, at the present stage of oil refining industry development, these methods are unfounded, both from a technological and economic point of view.

With the use of methods to reduce the end-boiling temperature of the diesel fraction and add kerosene to the diesel fraction, its quality deteriorates according to such parameters as cetane number, viscosity, and flash point.

In production, the deterioration of these indicators leads to difficulties in the selection of the diesel fuel composition that meets the requirements of standards and during operation leads to an increase in the degree of wear of the internal combustion engine parts [7].

The production of diesel fuels of winter and arctic brands by introducing depressant-dispersant additives does not impair the quality of the produced fuel. But there are other drawbacks: the high price of additives (as a consequence, the increase in the final product cost of production), the need to select an additive and its quantity for a certain fuel composition, limiting the use both at the production stage and at the stage of finished product consumption.

The main processes that improve the diesel fuel low-temperature characteristics are dewaxing and hydrocracking.

Selective hydrocracking is designed to improve the operational and low-temperature properties of the fuel. In the process of hydrocracking, the freezing temperature of fuel is reduced by selective cleavage of normal structure paraffins contained in the feedstock.

Due to the use of special catalysts consisting of modified high-silica zeolites, high selectivity of the process is achieved. This is due to the fact that this type of catalyst has special molecular sieve properties.

Selective hydrocracking catalysts have a special porous texture and a tubular shape, the dimensions of the inlet openings of which are in the range of 0.5-0.55 nanometers. Such small sizes of the inlet openings make it accessible only for normal structure paraffin molecules to penetrate and react there.

Then the cracking products are hydrogenated by the introduction of hydrogenating components into the zeolite (most often metals of groups VIII and VI). The design and technological modes of the selective hydrocracking units are similar to those for the hydrotreating process. With the use of bifunctional selective hydrocracking catalysts, it is possible to produce arctic or winter grades of diesel fuel with a yield of up to 85% [8].

The processes of dewaxing differ according to the catalysts used, the purpose, the hardware design and the technological parameters [9].

One of the processes is the process of zeolite dewaxing «Parex». The purpose of the process is to obtain from the kerosene and diesel fractions of especially pure normal structure paraffins and low-freezing denormalizates, which are components of winter and arctic grades of diesel and jet fuels.

Particularly pure paraffins obtained in this process are used as feedstock for the production of protein-vitamin concentrates, detergents, surface-active substances and other products of petrochemical synthesis.

The feedstock of the «Parex» process is a hydrotreated straight-run kerosene distillate of a wide or narrow fractional composition (depending on the requirements for the products). The main adsorbent used in this process is zeolite with molecular-sieve properties, which allows selective adsorption of normal structure paraffins from mixtures that include hydrocarbons of normal, iso- and cyclic structure.

The peculiarity of this process is that adsorption is carried out in a circulating hydrogen-bearing gas (carrier gas).

The use of a circulating hydrogen-bearing gas prevents a rapid drop in zeolite adsorption capacity and contributes to the extension of the industrial unit life cycle.

Desorption is carried out by heated pairs of ammonia, which displaces adsorbed normal structure paraffins.

Both adsorption and desorption in this process are vapor phase steps, conducted at a pressure of 0.5-1.0 MPa and a temperature of 380 °C. The degree of extraction of normal structure paraffins in the process is up to 95% by weight from the potential.

Another type of dewaxing is carbamide. This type of dewaxing is used in the production of low viscosity oils, liquid paraffins and low-hardening fuels.

The essence of the process is the ability of carbamide to complex with normal structure paraffins (the number of carbon atoms in paraffin must be at least six). The formation of crystalline complexes with paraffins under equilibrium conditions is more expedient to carry out at a high carbamide concentration and a relatively low temperature in the range 20-45 °C.

A sufficiently low temperature and high selectivity are indisputable advantages of carbamide dewaxing. The yield of denormalizate in this process lies in the range of 75-90 wt.%.

The use of carbamide dewaxing is often permissible only for the production of low viscosity oils and low-freezing diesel fuels, as the carbamide selectivity decreases with increasing feedstock boiling point. Intensification of the process is achieved by constant mixing of the reacting mixture components to achieve a closer contact between them.

The implementation of the process can vary depending on the aggregate state of the carbamide, the nature of the solvent and activator, the design of the reactor block and the way the complex is separated and decomposed.

In the process of carbamide dewaxing, the denormalizate yield (i.e., diesel fuel with improved characteristics obtained by reducing the amount of normal structure paraffins in its composition) reaches about 85%, and the pour point of the denormalizate can reach minus 45 ° C.

Another type of dewaxing is microbiological dewaxing [9]. This type of dewaxing is based on the ability of certain types of microbes to selectively oxidize normal structure paraffins.

In this process, paraffins of a normal structure are used by microbes as a source of energy necessary for their vital activity. The biomass accumulated as a result of oxidation is a by-product.

The resulting by-product is further isolated in its pure form and used as the basis for the production of fodder protein. The remaining mass – dewax which has good low-temperature characteristics is used as a component of winter diesel fuel.

This type of dewaxing is carried out at a temperature of 28 - 30 °C in an aqueous medium supplemented with nutrient salts. In the dewaxer, in which the process is carried out, rigid cultivation conditions are observed for the continuous oxidation of incoming feedstock. The resulting dewax is isolated using a 10% solution (2% soda ash and 8% ammonia).

However, the separation of the product is difficult, since during the process a stable emulsion mixture is formed from the product, microbial mass and water, so after the addition of a special solution the resulting mixture is also directed to settling.

But this type of dewaxing is rarely used, as it has a number of obvious drawbacks, such as complex instrumentation, low tonnage and many difficulties associated with maintaining the cultivation conditions (pH, temperature, aerating, etc.).

The most commonly used dewaxing is the hydrocatalytic. This process is designed to reduce the pour point of petroleum products, primarily diesel fuels and lubricating oils [9].

In the process of dewaxing, a decrease in the concentration of normal structure paraffins occurs due to their cracking. As a result of cracking of normal structure paraffins, there is a slight decrease in the yield of the target product and its enrichment with aromatic and naphthenic hydrocarbons.

Due to the increase in the content of naphthenes and aromatic hydrocarbons, the product cetane number decreases (in comparison with the index for feedstock).

The yield of the desired product of the dewaxing process is about 88 to 90 wt.% [9]. This process is carried out on bifunctional catalysts, which include hydrogenating metals and zeolites or zeolite-like textures (as an acid component).

Computer modeling systems in chemical technology

Computer modeling systems allow performing calculations and optimization of regimes and basic indicators of the feedstock and products quality. At the moment there is a sufficient choice of technological modeling systems, so before using one of them, one should consider the main advantages of each.

The acknowledged technological modeling systems, which have existed on the market for a long time, are «PRO-2» (developed by the American company SIMSCI), «HYSYS» (the development of the Canadian company HYPROTECH), and the less well-known package of «UniSim Suite» programs (developed by Honeywell) [10].

Of the Russian developments and developments of the CIS countries, one can mention «GIBBS» (development of specialists united in LTD «Topenerobiznes», Moscow) [11] and «GazKondNeft» (development of specialists from the Kiev Gaz Institute) [12].

There are also other modeling systems. But they are less universal, but at the same time simpler to use.

One of these systems is the «MODBAL» flow simulation system developed by TyumenNIIGiprogaz and the Tyumen branch of «Informgaz», OJS «Gazprom». Of the latest developments, the «CHEMCAD» system deserves attention.

- Modeling system «PRO-2»

Advantages: it is considered the most powerful and developed in the world. It includes all types of equipment and methods of calculation; there is the possibility of adding (prescribing) your own algorithms with the built-in FORTRAN language.

Disadvantages: from universality there is a complexity in operation.

- Modeling system «HYSYS»

Advantages: convenient interface; implementation in C ++. Modularity. Possibility of purchasing the necessary subsystems and their free connection to the general package, including systems for modeling non-stationary processes (for example, starting and stopping) and regulating, controlling and optimizing processes

Disadvantages: complexity in operation, inferior to PRO-2 in terms of level of capabilities.

- Modeling system «GIBBS»

Advantages: convenient interface.

Disadvantages: does not provide a choice of methods for calculating and varying the parameters necessary for calculations (including the impossibility of solving the problems of regulation and optimization). Inferior to HYSYS in terms of capabilities.

- «GasKondNeft» modeling system

Advantages: convenient graphical interface; there is the possibility of transferring the generated circuits to AutoCAD and Windows applications.

Disadvantages: the impossibility of creating complex hierarchical multi-level schemes; imperfect technique for calculating columns.

- Modeling system «MODBAL»

Advantages: it is possible to calculate the balance of large complex flow schemes, for example, plants or complex schemes for processing condensate and oil; it is possible to calculate and view the main quality indicators of intermediate and target products.

Disadvantages: does not make calculations of equipment.

- Modeling system «UniSim»

Advantages: Honeywell's UniSim Suite software package allows modeling of oil and gas production and production processing, as well as refining and petrochemical processes. This package allows you to create static and dynamic models of technological objects and analyze their work in the given production conditions.

All of these computer modeling systems usually have a number of drawbacks (statistical calculation model, simplified kinetic transformation scheme, no data base for catalysts, and so forth), but at this point these drawbacks are not still eliminated [13].

There are a number of application examples of some of the listed software products.

For example, the authors of [14] used Aspen PIMS software (developed by the Canadian company HYPROTECH) to study the process of acquiring and selecting catalysts for hydrocracking.

The computer modeling system developed by the authors of [14] allows planning the production program with high accuracy, depending on the sales market and marginality of the commodity output. This simulation system also analyzes proposals for the supply of catalysts and offers the most profitable solutions.

The authors [15] carried out the design of atmospheric and atmospheric-vacuum tubular installations using the universal modeling package CHEMCAD.

This computer simulation system greatly simplified the calculation of such large-tonnage units, but when using it, you need to have accurate initial data and correctly analyze the obtained characteristics, because of the complexity of the units, some stock factors were introduced.

Also, the CHEMCAD program was used by the authors [16] to simulate reactor processes. The calculation technique proposed by the authors [16] is applicable for modeling multistage chemical-technological processes with a large number of units of basic and auxiliary equipment. The developed computer modeling system was confirmed in the calculation of four industrial reactor units in multi-stage methanol production and synthetic liquid fuel from natural gas.

The authors [17] describe what goals are pursued in automating the activity of an enterprise, which is aimed at the development of computer modeling systems:

- Collection, processing, storage and presentation of data on the enterprise activities and the external environment in a form convenient for analysis, storage and use in making managerial decisions;
- Automation of the execution of technological operations, which constitute the target activity of the enterprise;
- Automation of processes ensuring the performance of the main activity of the enterprise.

To fulfill the set goals, the authors [17] have developed a number of tasks for efficiency assessment of the information system:

- Planning of production activities. Drawing up production plans (from strategic to operational ones) and checking the feasibility of their execution, taking into account production capacities and human resources.
- Management of purchases, stocks and sales. Processes automation of planning and accounting tasks of material and technical support of production, sales of finished products and inventory management.
- Financial management. Accounting, settlements with debtors and creditors, accounting of fixed assets, planning and execution of payments for procurement of material and technical resources, cash management and planning of financial activities.
- Personnel Management. Realization of all basic needs for work with personnel: recruitment and dismissal of personnel, recording of information about employees, planning their career growth, identifying, developing and supporting the knowledge and competence of personnel, calculating wages and recording working hours. Consideration of personnel as a separate type of resource allows you to connect the personnel potential of the enterprise and production plans.
- Cost management. Accounting for all costs of the enterprise, costing of products or services.
- Project / program management. Implementation of production projects and programs for which individual planning and accounting can be carried out.
- Design of products and processes. Information about the composition of products, the technological processes of its manufacture, an estimate of the costs that the enterprise will incur when producing a particular product.

According to the authors [17], the fulfillment of all the above tasks will help to realize the uninterrupted, fully automated work of a large enterprise, but some tasks are currently not feasible.

It is very difficult to fully control the oil refining processes because of the multifactor nature of this task. Constantly changing feedstock, catalyst activity and

process parameters complicate this task. The lack of knowledge and skills of staff is also important, but this problem can be solved through a short-term refresher course to train staff in the skills of working with a particular modeling system.

In the article [18] the author emphasized the importance of developing computer simulators for chemical production. The author also noted that intellectual computer training and training complexes are the most effective means of training and upgrading the skills of designers and operators of modern multi-stage multi-range chemical productions.

The functional texture developed by the author [18] formed the basis for software for the remote study of flexible multi-assortment production of polymer films.

The authors [19-21] transferred the training and professional development of the personnel to a new level. The simulators of the catalytic cracking units created by them have a narrow focus, that is, they train work only on one unit, but in this case this is not a minus. Staff using the simulators will be able to thoroughly study the operation of the unit and consider emergency situations that may occur in case of malfunction.

When developing a computer modeling system for the catalytic dewaxing process, these ideas were taken as a basis, that is, the created program can not only be used as a simulator for the personnel working on the industrial unit, but it can also monitor the process parameters and propose options for optimizing performance parameters when the final product characteristics do not match.

Knowledge representation models

The knowledge base is one of the most important components of the computer modeling system, it is necessary for the operative diagnostics and selection of the optimal operating parameters of the process unit.

To be able to process the knowledge of experts and data about the domain of the modeling system, they should be presented in a convenient formalized form.

In intellectual systems, knowledge of the subject domain is usually presented in the form of a model that is stored in the knowledge base of the system separately from the processing procedures. Usually in the knowledge base general patterns, rules are fixed that describe the problem environment and subject domain. The decision-making procedures allow deriving a solution for a particular case that is for a specific situation with some input data, based on general rules.

There are the following types of knowledge representation models:

- logical model;
- model based on the use of frames;
- model of the semantic network;
- model based on the use of rules.

The logical model is based on the logic of predicates. The predicate calculation was the first logical language that is admixed for the formal description of subject domain related to solving applied problems.

A predicate is considered as a function defined on objects, and takes the value «true» or «false». The lack of logical formalism is non-structuredness. For example, to collect all the information for one object (instantiation), you have to «run» through the whole set of logical formulas.

Frame models are convenient for describing the texture characteristics of single-type objects (processes, events, situations). A frame guides the description of a certain class of events.

Frame models are used to represent well-structured knowledge. A set of frames that model any subject domain is a hierarchical texture into which frames are joined using generic relationships. A frame containing the most general information is at the top level of the hierarchy that is true for all other frames. Individual characteristics or elements of the object description are called frame slots. Each frame must have a name to identify the described object.

The semantic network in the case of a network model is built on a set of angles connected with each other by arcs.

Semantic networks constitute a graphical version of the predicate calculus. Graph arcs connect the names of predicates with their arguments. Semantic networks represent more complex structures. Such a network consists of a set of conceptual graphs representing logical formulas, and allows you to visualize the set of relationships between conceptual graphs.

Products along with frames are the most popular means of representing knowledge in intellectual systems. On the one hand, the products are close to logical models which allow them to organize effective withdrawal procedures on them, and on the other hand, more visually reflects knowledge than classical logical models.

The product model is based on knowledge represented by a set of rules of the form: IF <condition> TO <conclusion>.

If the left part of the rule is a description of the situation, and the right part is an action, then such production is characteristic, for example, for control systems. Such products can be used in various fields of knowledge and fields of activity.

In the production system, using rules, a tree is constructed that links the facts and conclusions into a single whole, the evaluation of this tree on the basis of the facts available in the database is the logical conclusion.

The values of any products can enter into the conditions of others, which leads to the formation of complex chains that can be used for logical inference.

When creating a knowledge base, you usually use several presentation models in different combinations.

During the development of the computer modeling system of the catalytic dewaxing process, a model based on the use of frames was taken as the basis. This choice is justified by the fact that the knowledge of the dewaxing process is well structured and a hierarchical system is constructed from them, since each of the parameters and characteristics of the process are interrelated.

Statement of the purpose and objectives of the study

During writing the literature review it was revealed that the production of diesel fuel with improved low-temperature characteristics is very urgent, especially in the northern regions of our country.

To improve the low-temperature characteristics, catalytic hydrodewaxing is most often used, because it is easy to implement and most available in contrast to other types of this process.

The goal of the final qualifying work is the creation of a computer modeling system of the catalytic dewaxing process, which will allow automating and optimizing the industrial unit operation.

To achieve this goal, a number of tasks were formulated:

1. To study the catalytic dewaxing process of diesel fuels: feedstock, products and catalysts.
2. To study the technological parameters of the process and their effect on the quality and yield of the product obtained.
3. To compile a database and knowledge base for the computer modeling system, on the basis of which the deviations in the industrial unit operation will be detected.
4. Develop scenarios of unstable operation of the unit, that is, if the temperature, pressure or feedstock consumption deviate, study the change in product characteristics.
5. Develop recommendations for eliminating deviations by optimizing parameters.

If each of the tasks is successfully completed, the result will be a functioning computer modeling system of the catalytic dewaxing process. This system will allow you to monitor the change in process parameters and, if the unit does not work correctly, give recommendations for their elimination

As a result of the application of this program, the operation of the industrial unit will be uninterrupted, and at the output the product will have a constant quality, corresponding to the standards given earlier.